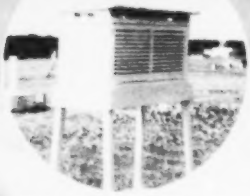
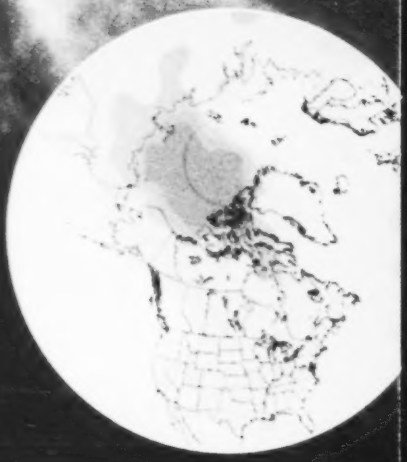
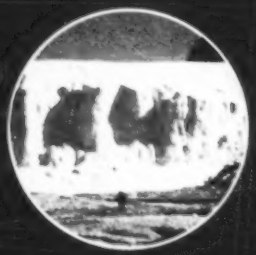
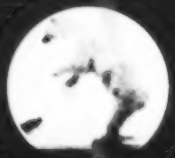
Questions Fréquemment Posées

au sujet de la science du changement climatique





Environnement Canada
Environment Canada
Canada

REMERCIEMENTS

Questions fréquemment posées au sujet de la science du changement climatique a été rédigé par Henry Hengeveld, Elizabeth Bush et Patti Edwards, tous de la Direction de l'évaluation et de l'intégration scientifiques de la DGSAC. Afin d'en garantir l'exactitude, elles ont été revues par plusieurs personnes représentatives d'une large gamme de compétences, notamment : Stewart Cohen, Ray Desjardins, Greg Flato, Jean-Willy Ileka, Pam Kertland, Joan Klaassen, Gary Lines, Myles McIntosh, Eric Taylor et Lucie Vincent.

La mise en page, les illustrations et la production technique ont été réalisées par BTT Communications (Toronto).

Ce rapport est disponible sous forme électronique sur le site Web de SAIB, à l'adresse www.msc-smc.ec.gc.ca/saib/. On peut aussi se procurer des copies papier supplémentaires gratuites en faisant la demande écrite à :

Direction de l'évaluation et de l'intégration scientifique
Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques
Service météorologique du Canada
4905, rue Dufferin
Downsview (Ontario)
M3H 5T4

(416) 739-4432

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement

© Ministère des Travaux publics et Services gouvernementaux

Canada 2002

Catalogue No. En57-27/2002-01F

ISBN #: 0-662-88228-8

ISSN #: 0835-3980

103-02800/

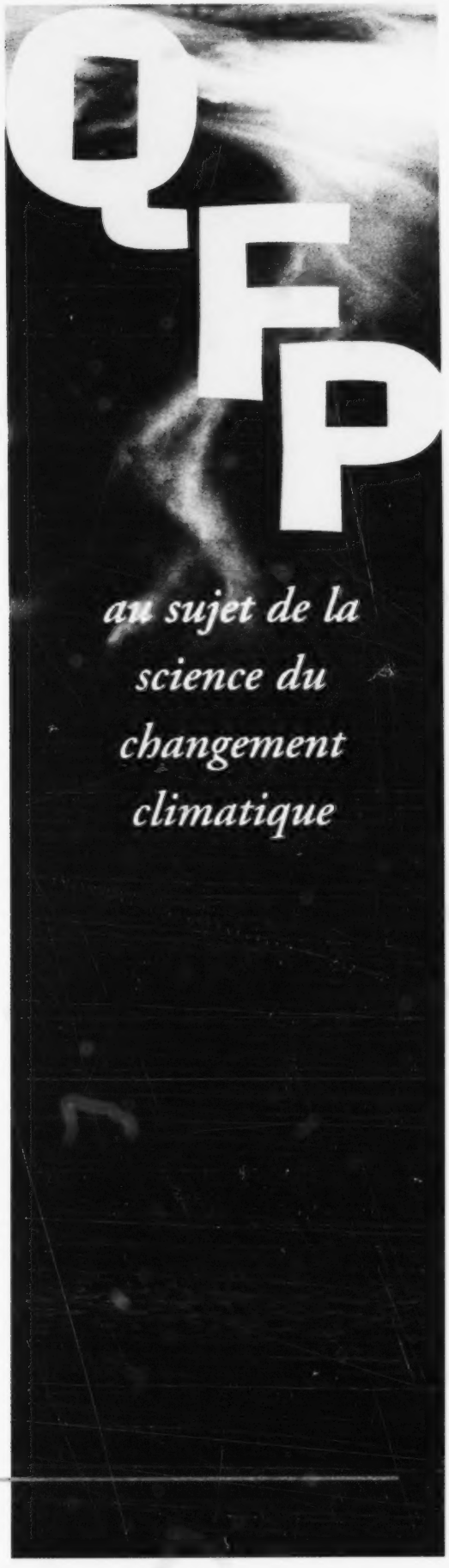
QUESTIONS FRÉQUEMMENT POSÉES AU SUJET DE LA SCIENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

préparé par

Henry G. Hengeveld, Elizabeth Bush
et
Patti Edwards

Service météorologique du Canada
Environnement Canada

Le présent document s'inscrit dans le rapport sur l'état de l'environnement



Les Canadiens posent souvent des questions dénotant une considérable confusion publique au sujet de nombreux aspects de la science du changement climatique ainsi que des recherches connexes. Cette confusion est compliquée par des arguments contraires soulevés par les sceptiques et qui, pour la plupart, ne sont pas corroborés par des pairs et ne résistent pas à l'épreuve du temps, mais sont quand même souvent avancés par les médias et d'autres intervenants qui leur confèrent à tort une valeur scientifique. Le présent document aborde certaines de ces questions et certains de ces arguments en donnant à la fois une réponse simple et un contexte plus détaillé dans chaque cas. Les réponses se basent sur des principes fondamentaux et bien acceptés de physique, sur des renseignements connexes contenus dans divers rapports du GIEC publiés entre 1990 et 2001, ainsi que sur des récents documents scientifiques examinés par des pairs. On trouvera aussi des références relatives aux diagrammes et aux réponses contenant des valeurs spécifiques.

TABLE DES MATIÈRES

A. **Vue d'ensemble générale : Qu'est-ce que le changement climatique? 1**

A.1 Qu'est-ce que le climat et en quoi diffère-t-il du temps?...*1*

A.2 Qu'est-ce que le changement climatique?...*1*

A.3 Quelle est la différence entre le changement climatique et le réchauffement planétaire?...*1*

A.4 Qu'est ce que « l'effet de serre » et comment influe-t-il sur le climat?....*2*

A.5 Qu'est-ce qui cause le changement climatique?....*3*

A.6 Étant donné que les gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, oxyde nitreux, etc.) ne constituent qu'une infime partie de l'atmosphère, comment un changement de leurs concentrations peut-il avoir des effets significatifs sur le climat planétaire?....*4*

B. **Influences humaines sur l'atmosphère 5**

B.1 Quelle a été l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère depuis quelques années?...*5*

B.2 Comment les scientifiques savent-ils que l'accumulation atmosphérique de gaz à effet de serre est attribuable aux activités humaines?...*5*

B.3 La quantité de dioxyde de carbone (CO_2) ajoutée à l'atmosphère par les activités humaines chaque année n'est qu'une faible partie de toutes les émanations de sources naturelles. Comment nos interventions peuvent-elles changer nettement la concentration de ce gaz dans l'atmosphère?...*6*

B.4 Les volcans ne dégagent-ils pas naturellement beaucoup plus de CO_2 dans l'atmosphère chaque année que les humains?...*7*

B.5 Quelles activités humaines contribuent le plus à la présence de gaz à effet de serre dans l'atmosphère?...*7*

B.6 Les humains rejettent également beaucoup de dioxyde de carbone dans l'atmosphère en respirant. Devrions-nous cesser de respirer pour mettre un terme au changement climatique?...*8*

B.7 Je crois comprendre que la vapeur d'eau domine l'effet naturel de serre. Cela ne rend-il pas insignifiant les changements survenus dans les concentrations d'autres gaz à effet de serre?...*9*

B.8 Les émissions anthropiques d'aérosols refroidissent-elles le climat et, par conséquent, compensent-elles les émissions de gaz à effet de serre?...*9*

B. 9 Quelles autres activités anthropiques influent sur le climat?...*10*

C. **Détection et attribution du changement climatique 12**

C.1 Le monde s'est-il réchauffé?...*12*

C.2 Comment les scientifiques savent-ils que la Terre s'est réchauffée?...*12*

C.3 Malgré le réchauffement planétaire général au cours du XXe siècle, certaines personnes allèguent que les températures moyennes actuelles sont encore inférieures à celles qui ont prévalu pendant les périodes chaudes survenues par le passé, comme le petit optimum du moyen âge (période de réchauffement médiéval). Cela ne suggère-t-il pas que les hausses actuelles sont vraisemblablement attribuables à des causes naturelles et donc qu'elles ne seraient pas vraiment préoccupantes?...*13*

C.4 Étant donné que les relevés de température effectués au cours du siècle dernier peuvent avoir été faussés par des erreurs d'observation, le déplacement des lieux d'observation et d'autres influences humaines comme l'effet de l'îlôt de chaleur urbain, pouvons-nous nous fier à eux pour déterminer l'évolution du climat?...*14*

C.5 Une forte augmentation de la température s'est produite vers le début de notre siècle, lorsque les émissions de CO_2 étaient encore relativement faibles. Cependant, les températures ont bel et bien baissé au cours des années 50 et 60, lorsque les émissions ont commencé à augmenter rapidement. Ce fait ne contredit-il pas la conception selon laquelle une augmentation des émissions de CO_2 réchaufferait les climats? ...*15*

C.6 Le refroidissement majeur, survenu dans des endroits comme l'est de l'Arctique canadien, le Groenland et l'est de l'Antarctique, depuis quelques décennies, ne contredit-il pas les prédictions de modèle relatives au réchauffement planétaire?...*17*

C.7 Les mesures par satellite montrent que les températures mesurées dans la basse atmosphère au-dessus de la surface terrestre se réchauffent beaucoup plus lentement que la surface proprement dite. Cela ne sous-entend-il pas que la Terre ne se réchauffe pas comme prévu?...*18*

D. Prédiction du climat 19

D.1 À quel point la Terre est-elle susceptible de se réchauffer à l'avenir?...*19*

D.2 Pourquoi y a-t-il un écart supérieur à 4 °C dans les projections sur l'intensité du réchauffement planétaire...*19*

D.3 Pourquoi devrions-nous croire les résultats des modèles climatiques lorsque leurs diverses prévisions à l'égard d'un futur climat sont aussi différentes les unes des autres?...*20*

D.4 Quelle est la fiabilité des modèles utilisés pour prévoir le changement climatique?...*20*

D.5 Il arrive souvent que les modèles servant aux prévisions météorologiques soient incapables de prévoir correctement le temps qu'il fera dans quelques jours. Comment peut-on s'attendre à ce que les modèles climatiques fassent des prévisions fiables pour les décennies à venir si ce n'est pour le siècle prochain?...*21*

D.6 La comparaison des observations du climat et des valeurs prévues par les modèles informatiques n'indique-t-elle pas que ces derniers exagèrent le réchauffement planétaire?...*22*

D.7 Des estimations du réchauffement planétaire au XXIe siècle faites antérieurement par le GIEC prévoyaient une augmentation de 1,0 °C à 3,5 °C. On note, dans le troisième rapport d'évaluation du GIEC, que la gamme de ces valeurs s'est élargie à de 1,4 °C à 5,8 °C. Si les modèles de prévision du climat planétaire sont plus perfectionnés qu'avant, comment se fait-il qu'il y ait une plus grande incertitude entourant les données scientifiques?...*22*

D.8 Pourquoi les estimations de l'élévation du niveau de la mer données par les divers scénarios du réchauffement planétaire sont-elles réduites à mesure que de nouveaux résultats de recherche sont obtenus?...*23*

E. Incidences planétaires du changement climatique 25

E.1 La température de la planète ne s'est élevée que de 0,6 °C au cours des 100 dernières années. Cette variation est de beaucoup inférieure aux variations interannuelles. Pourquoi faudrait-il alors s'en préoccuper?...*25*

E.2 Quelles pourraient être les conséquences d'un réchauffement de quelques degrés?...*25*

E.3 Quelles seraient les conséquences pour le niveau des mers de la planète?...*26*

E.4 Il semble y avoir une récente tendance à la hausse de la fréquence et de l'intensité des catastrophes provoquées par des conditions météorologiques extrêmes. Cela est-il lié aux changements climatiques?....27

E.5 Pourquoi le réchauffement planétaire donnerait-il lieu à des événements météorologiques plus fréquents et plus extrêmes?....28

E.6 Les scientifiques sont-ils en mesure de démontrer que les événements météorologiques extrêmes observés récemment s'expliquent par le réchauffement planétaire?....28

E.7 Le réchauffement planétaire sera-t-il graduel ou rapide?....29

E.8 On dit que l'épisode El Niño de 1997-1998 pourrait avoir été l'un des plus intenses du siècle et il n'est survenu que 15 ans après un autre épisode intense. Le changement climatique provoque-t-il des El Niño plus prononcés?....29

F. Incidences au Canada du changement climatique.....31

F.1 Est-il possible qu'un climat plus chaud nous serait très favorable?....31

F.2 J'ai entendu dire que, d'ici 50 ans, l'élévation des températures permettrait à Halifax d'avoir un climat comme celui de Boston actuellement, à Toronto comme celui du Kentucky et à Vancouver comme celui de San Francisco. Faut-il s'en plaindre?....32

F.3 Selon certains rapports, plusieurs des plus importants changements dus au réchauffement planétaire se produiront dans des pays nordiques, comme le Canada. Est-ce que cela signifie que nous serons plus touchés que les pays situés à proximité de l'équateur?....33

G. Crédibilité scientifique et réactions humaines – généralités.....34

G.1 De semaine en semaine, les médias présentent des vues très variables sur l'importance du changement climatique. Est-ce que les scientifiques spécialistes du changement climatique changent constamment d'idée?....34

G.2 Qui recommande une intervention internationale immédiate pour réduire les risques d'un changement climatique? Les scientifiques des gouvernements ou ceux du milieu universitaire?....34

G.3 Il semble y avoir des milliers de scientifiques qui soutiennent que nos connaissances du changement climatique sont si limitées qu'il est prématuré d'intervenir. Qui sont ces dissidents et sont-ils crédibles?....35

G.4 Si notre connaissance du changement climatique comporte autant d'incertitudes, ne devrions-nous pas reporter les réductions des émissions de dioxyde de carbone au moment où nous aurons une meilleure compréhension du système climatique planétaire?....36

G.5 Il semble que le Dr James Hansen, qui s'était dit très préoccupé par les dangers d'un changement climatique, ait modifié ses vues sur l'importance de réduire les émissions de CO_2. Les stratégies de réduction des gaz devraient-elles être axées sur d'autres gaz que le CO_2?....37

G.6 Est-il trop tard pour freiner le changement climatique?....38

Références 39

A Vue d'ensemble générale : Qu'est-ce que le changement climatique?

A.1 Qu'est-ce que le climat et en quoi diffère-t-il du temps?

Réponse : Le climat décrit le temps moyen quotidien, y compris les fluctuations saisonnières extrêmes et les variations, pour un emplacement ou une région spécifique. À plusieurs égards, le climat est ce à quoi on peut s'attendre, tandis que le temps est ce que nous recevons.

Explication : Le temps qu'il fait dans une région ou en un lieu spécifique peut changer rapidement avec les heures, les jours, les saisons et les années, même au sein d'un climat uniforme. Des variations peuvent se produire dans la température, les précipitations (neige et pluie), les vents et les nuages. Elles sont causées par l'interaction de plusieurs facteurs, y compris de rapides changements dans la circulation de l'air, un ralentissement des variations dans les conditions océaniques ou des fluctuations saisonnières de l'ensoleillement. On calcule le climat d'une localité ou d'une région en établissant la moyenne de ces conditions atmosphériques sur une longue période, habituellement 30 ans. Le climat décrit aussi comment les conditions atmosphériques peuvent varier par rapport à ces valeurs moyennes. Ces variations sont exprimées en des termes statistiques comme des écarts-types ou la fréquence.

A.2 Qu'est-ce que le changement climatique?

Réponse : Il s'agit d'une transformation ou altération à long terme du climat d'un lieu spécifique, d'une région ou de la planète entière. Cette transformation est mesurée par des changements qui se produisent dans certaines ou la totalité des caractéristiques associées au temps moyen, comme la température, le vent et les précipitations. Une variabilité différente du climat constitue également un changement climatique, même si les conditions météorologiques moyennes demeurent les mêmes.

Explication : Le changement climatique se produit lorsque le climat d'un lieu spécifique, d'une région ou de la planète entière change d'une période à l'autre, généralement lorsqu'un facteur modifie la quantité totale d'énergie solaire absorbée par l'atmosphère et la surface terrestres, ou la quantité d'énergie thermique provenant de la surface et de l'atmosphère terrestres et diffusée dans l'espace durant une longue période. Ces fluctuations peuvent se produire autant entre les conditions atmosphériques moyennes que dans l'évolution du temps par rapport à ces moyennes. Elles peuvent être attribuables à des processus naturels comme des éruptions volcaniques, les variations de l'énergie solaire ou de très lents changements dans la circulation océanique ou sur les surfaces terrestres, qui se produisent durant des décennies, des siècles ou sur de plus longues périodes encore. Par ailleurs, les humains peuvent également modifier les climats en rejetant des gaz à effet de serre et des aérosols dans l'atmosphère, en modifiant les surfaces terrestres et en amenuisant la couche d'ozone stratosphérique. Les facteurs, naturels et humains, pouvant causer un changement climatique sont appelés « forçage du climat », car ils poussent ou « forcent » le climat à changer en fonction de nouvelles valeurs.

A.3 Quelle est la différence entre le changement climatique et le réchauffement planétaire?

Réponse : Le changement climatique porte sur des transformations générales du climat, y compris la température, les précipitations, les vents et d'autres facteurs. Cela peut varier

d'une région à l'autre. À l'inverse, le réchauffement (tout comme le refroidissement) planétaire désigne expressément n'importe quel changement dans la température moyenne à la surface de la planète. En d'autres termes, ce type de changement climatique se manifeste à l'échelle planétaire. On croit souvent à tort que le réchauffement planétaire sera uniforme, mais, en réalité, une augmentation de la température moyenne du globe transformera aussi la circulation de l'atmosphère, de sorte que certaines régions du monde se réchaufferont davantage, et d'autres moins, que la moyenne. Certaines régions pourront même se refroidir.

Explication : La réaction initiale de l'atmosphère terrestre à un « forçage du climat » est de modifier le flux d'énergie solaire et thermique qui, en traversant l'atmosphère, fait varier les températures de la surface, de l'atmosphère et des océans. Toutefois, ces fluctuations de température sont plus rapides sur terre que dans l'eau et peuvent toucher de nombreux autres aspects du climat. Par exemple, des températures plus chaudes augmenteraient l'évaporation et le taux d'humidité dans l'atmosphère, modifieraient la couverture nuageuse et les précipitations de pluie ou de neige, intensifieraient la fonte des neiges et de la glace, influeraient sur les courants de vents et océaniques. Bon nombre de ces changements secondaires se répercutent aussi sur la température, entraînant une interaction complexe de différents processus pouvant amplifier la hausse de température dans certaines régions et atténuer des changements, voire susciter un refroidissement, ailleurs. En d'autres termes, un forçage du climat qui entraîne le réchauffement planétaire suscitera aussi des changements complexes dans de nombreux autres aspects du climat, de sorte que l'expression « changement climatique » est la description la plus précise de la réaction du système climatique à un forçage. Malheureusement, même si elle désigne fort improprement ce qui se passe vraiment, l'expression « réchauffement planétaire » est encore souvent utilisée par les médias et par d'autres personnes pour décrire le changement climatique.

A.4 Qu'est ce que « l'effet de serre » et comment influe-t-il sur le climat?

Réponse : L'effet de serre se rapporte au rôle de l'atmosphère qui isole la planète contre les pertes thermiques, tout comme une couverture, sur un lit, protège le dormeur. Les faibles concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, qui sont à l'origine de cet effet, laissent passer la plus grande partie de la lumière solaire pour chauffer la planète. Or, ces gaz absorbent une bonne partie de l'énergie thermique dégagée par la Terre elle-même et la

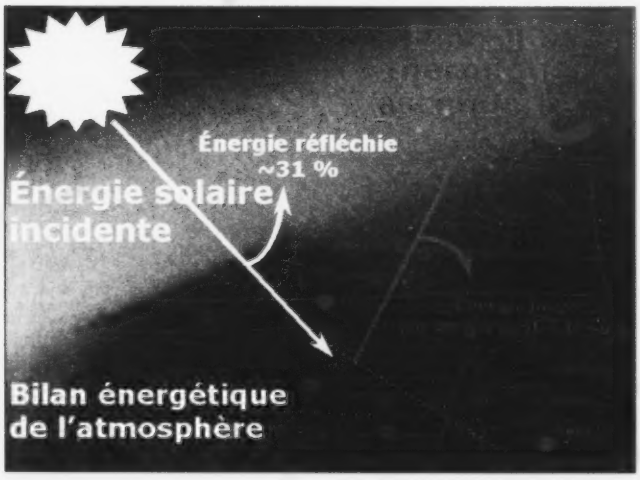


FIGURE A.4
Un simple diagramme de l'effet de serre naturel. Dans un climat stable, l'énergie solaire nette absorbée par l'atmosphère terrestre, la surface et les océans, est égale à l'énergie thermique nette renvoyée vers l'espace.

renvoient vers la surface, laquelle reste beaucoup plus chaude que normalement. Ce processus est appelé « effet de serre » car, à certains égards, il joue le même rôle que le verre dans une serre.

Explication : La Terre est chauffée par la lumière solaire. Bien que l'ozone de la stratosphère absorbe une bonne partie des rayons ultraviolets nocifs contenus dans la lumière solaire, la plus grande partie de l'énergie solaire traverse l'atmosphère sans guère subir l'effet des autres gaz de l'atmosphère. À peu près 31 % de la lumière solaire est reflétée vers l'espace par les nuages et la surface terrestre, mais le reste réchauffe la surface de la Terre, les océans et l'atmosphère. Cependant, pour maintenir en équilibre le bilan énergétique de cette dernière, la Terre réchauffée renvoie également de l'énergie thermique vers l'espace sous forme de rayonnement infrarouge, dont la plus grande partie est alors absorbée par les nuages et les molécules de gaz à effet de serre (y compris la vapeur d'eau) dans la basse atmosphère, qui la renvoient dans toutes les directions, y compris vers la surface et vers le haut, où d'autres molécules la réabsorbent à leur tour. Ce processus d'absorption et de réémission se répète jusqu'à ce que l'énergie s'échappe finalement de l'atmosphère vers l'espace. Toutefois, puisqu'une grande partie de l'énergie a été recyclée vers le bas, les températures de surface restent beaucoup plus chaudes que s'il n'y avait pas de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Ce processus naturel est appelé effet de serre. Sans les gaz en question – comme la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et l'oxyde nitreux (N_2O) –, la température moyenne de la Terre serait de –19 °C plutôt que de +14 °C, soit plus fraîche de 33 °C. Au cours des 10 000 dernières années, la quantité de ces gaz dans notre atmosphère est restée relativement stable, mais, il y a quelques siècles, leurs concentrations ont commencé à augmenter à cause de la demande accrue d'énergie occasionnée par l'industrialisation et l'explosion démographique et à cause de l'évolution de l'utilisation des terres et du type d'établissement humain.

Référence : GIEC, GTI 2001, pp. 89-90.

A.5 Qu'est-ce qui cause le changement climatique?

Réponse : À la fois des événements et processus naturels et l'influence humaine. Les principaux facteurs naturels sont les changements dans l'intensité de la lumière solaire qui atteint la Terre et la concentration de la poussière volcanique, qui reflète la lumière solaire vers l'espace, de sorte que le système climatique de notre planète n'absorbe pas la même quantité de lumière solaire. Les principaux facteurs humains comprennent les concentrations variables de gaz à effet de serre, l'amenuisement de la couche d'ozone stratosphérique, la pollution atmosphérique locale et les nouvelles utilisations des terres. Ils modifient le plus souvent la quantité d'énergie thermique diffusée dans l'espace, et parfois aussi la quantité de lumière solaire reflétée vers l'espace.

Explication : Les changements dans l'intensité de la lumière solaire qui atteint la Terre peuvent entraîner des cycles de réchauffement et de refroidissement qui marquent régulièrement l'histoire climatique de notre planète. Certains de ces cycles solaires, comme les quatre grands mouvements glaciaires et interglaciaires au cours des 400 000 dernières années, se prolongent très longtemps et peuvent avoir de grandes amplitudes de 5 à 6 °C. Depuis 10 000 ans, la Terre se trouve dans la phase interglaciaire chaude d'un tel cycle. D'autres cycles solaires sont beaucoup plus courts, surtout celui des taches solaires, qui dure 11 ans. Toutefois, les changements climatiques relatifs aux cycles courts sont beaucoup plus faibles que ceux des longs cycles. Par exemple, depuis 1 000 ans, l'amplitude est d'environ 1 °C. Parmi les autres causes naturelles du changement climatique, mentionnons les variations dans les courants océaniques (qui peuvent se répercuter sur la distribution de la

chaleur et les précipitations) ainsi que les grandes éruptions volcaniques (susceptibles de concentrer encore plus les particules atmosphériques, bloquant davantage la lumière solaire).

La plupart des scientifiques sont maintenant convaincus que les activités humaines modifient aussi le climat, surtout en intensifiant la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre. Une des causes majeures est l'augmentation du dioxyde de carbone, dégagé par les combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) et favorisé par le déboisement et la dégradation des sols. Une augmentation des gaz à effet de serre intensifie l'effet de serre naturel et fait augmenter la température moyenne à la surface terrestre. À l'échelle régionale, les émissions d'autres gaz polluants et particules dans l'atmosphère peuvent aussi avoir de grands effets, parfois d'influences contraires. Par exemple, la présence d'aérosols contenant de la suie tend à réchauffer les climats régionaux, tandis que les aérosols sulfatés les refroidissent en reflétant une plus grande quantité de lumière solaire. Même si leurs effets directs se manifesteront essentiellement dans les régions industrialisées, ces aérosols peuvent aussi modifier indirectement les températures moyennes globales ainsi que les courants des vents. Finalement, l'amenuisement de la couche d'ozone de la stratosphère, imputable aux activités humaines, tend aussi à refroidir la surface terrestre, tandis que la modification de l'utilisation des terres peut changer la quantité de lumière solaire reflétée vers l'espace par la surface terrestre et ainsi contribuer au changement climatique.

A.6 Étant donné que les gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, oxyde nitreux, etc.) ne constituent qu'une infime partie de l'atmosphère, comment un changement de leurs concentrations peut-il avoir des effets significatifs sur le climat planétaire?

Réponse : La plupart des gaz à effet de serre absorbent très efficacement la chaleur dégagée par la Terre et l'emprisonnent, tout comme une couverture sur un lit. Il suffit de petites quantités de ces gaz pour modifier considérablement les propriétés de l'atmosphère, d'où l'importance des émissions anthropiques (attribuables aux activités humaines) dans l'incidence de ces gaz sur le climat.

Explication : Dans une proportion de 99 %, l'atmosphère sèche se compose d'azote et d'oxygène, qui sont relativement transparents pour la lumière solaire et l'énergie infrarouge. Par conséquent, ils ont peu d'effet sur le passage de la lumière solaire et de l'énergie thermique à travers l'air. En comparaison, les gaz atmosphériques à l'origine de l'effet de serre naturel de la Terre totalisent moins de 1 % de l'atmosphère, mais collectivement (y compris avec la vapeur d'eau), ils augmentent d'environ 33 °C (soit de –19 °C à +14 °C) la température moyenne de la surface terrestre. De plus, étant donné leur faible concentration dans l'atmosphère, il est possible pour les émissions anthropiques d'exercer sur eux un effet important. Par exemple, les émissions anthropiques de dioxyde de carbone (CO_2) s'élèvent à peu près à 28 milliards de tonnes par année, et, au cours du prochain siècle, devraient accroître la concentration de ce gaz dans l'atmosphère (environ 0,03 %) à presque certainement 0,06 % (le double), voire 0,09 % (le triple). Étant donné que la production de chaque molécule de dioxyde de carbone supprime une molécule d'oxygène de l'atmosphère, une concentration double de CO_2 ne ferait passer le volume d'oxygène de l'atmosphère que de 20,95 % à environ 20,92 %. Autrement dit, puisque le volume d'oxygène est beaucoup plus élevé, les mêmes activités humaines ont très peu d'effet sur ses concentrations.

B Influences humaines sur l'atmosphère

B.1 Quelle a été l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère depuis quelques années?

Réponse : Depuis le début de la révolution industrielle, les concentrations de CO_2 ont augmenté d'environ 31 %, celles du méthane ont plus que doublé et celles de l'oxyde nitreux se sont accrues de 17 %. Il est manifeste que ces augmentations sont surtout attribuables à l'emploi de combustibles fossiles pour le transport, le chauffage, l'électricité et d'autres activités humaines. Le dioxyde de carbone compte pour environ les deux tiers des augmentations prévues de l'effet de serre suscitées jusqu'ici par les gaz à effet de serre.

Explication : Les données provenant de carottes extraites des calottes glaciaires, qui contiennent des bulles d'air fossilisées constituant des échantillons de la composition chimique de l'atmosphère remontant à une époque éloignée, montrent que la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère était très stable à partir d'il y a 10 000 ans jusqu'à il y a 250 ans, se situant entre 260 et 280 parties par million en volume (ppmv). Au cours des 250 dernières années, ces quantités sont passées à environ 370 ppmv, principalement depuis quelques décennies. Entre-temps, les concentrations de méthane et d'oxyde nitreux, toutes deux très stables au cours des 10 000 dernières années, ont augmenté respectivement de 151 % et de 17 %. Celles de l'ozone dans la troposphère ont également pris de l'ampleur. Finalement, il existe aussi des preuves de fortes concentrations de plusieurs autres gaz à l'état de traces, surtout les halocarbures, largement absents de l'atmosphère préindustrielle.

Référence : GIEC, GTI 2001, pp. 39-42.

B.2 Comment les scientifiques savent-ils que l'accumulation atmosphérique de gaz à effet de serre est attribuable aux activités humaines?

Réponse : Plusieurs facteurs soulignent clairement le rôle des activités humaines à titre de principale source des concentrations accrues de gaz à effet de serre. Par exemple, le taux actuel d'intensification correspond bien aux changements dans le taux des émissions anthropiques et se situe à un niveau sans précédent au cours des nombreux millénaires d'histoire atmosphérique. De plus, les tendances manifestées par les rapports entre les isotopes carboniques dans le dioxyde de carbone atmosphérique et dans la distribution de CO_2 dans l'atmosphère sont conformes aux émissions anthropiques. Des preuves semblables démontrent le rôle des humains dans la surabondance des autres gaz à effet de serre.

Explication : La rapide augmentation des concentrations de gaz à effet de serre au cours du dernier siècle est conforme aux tendances constatées dans les émissions anthropiques, et se situe à un niveau sans précédent depuis au moins 420 000 ans et probablement 20 millions d'années. En outre, la concentration des molécules de CO_2 dans l'atmosphère contenant l'atome radioactif carbone 14 (compte tenu des essais nucléaires effectués au cours des années 50) est en baisse, comme il fallait s'y attendre devant les concentrations accrues attribuables à la combustion de charbon, de pétrole et de gaz naturel, autant de substances contenant du « vieux » carbone sans carbone 14. Les changements survenus avec le temps dans les rapports du carbone 13 et du carbone 12 dans les océans concordent également avec les émissions anthropiques, tout comme le gradient nord-sud dans les concentrations atmosphériques de CO_2. Finalement, les modèles du bilan du carbone, qui peuvent maintenant reproduire très exactement le cycle global de cette matière, montrent du doigt les émissions anthropiques. Des études semblables, entreprises pour le méthane et l'oxyde nitreux, révèlent également une forte

contribution humaine. Cependant, on comprend moins bien l'envergure exacte du rôle humain relativement à ces gaz, à cause de l'incertitude entourant les nombreux processus biologiques intervenant dans les émissions tant naturelles qu'anthropiques. Finalement, les gaz à l'état de traces comme les halocarbures et l'hexafluorure de soufre n'ont aucune source naturelle majeure. Il y a de fortes preuves que les changements survenus dans leurs concentrations sont entièrement causés par les émissions anthropiques.

B.3 La quantité de dioxyde de carbone (CO_2) ajoutée à l'atmosphère par les activités humaines chaque année n'est qu'une faible partie de toutes les émanations de sources naturelles. Comment nos interventions peuvent-elles changer nettement la concentration de ce gaz dans l'atmosphère?

Réponse : Depuis des milliers d'années, les fortes émissions naturelles de CO_2 dans l'atmosphère, produites par les océans et les écosystèmes terrestres, sont presque parfaitement compensées par les grandes quantités de CO_2 retirées de l'atmosphère par des procédés naturels comme la photosynthèse et le piégeage océanique. Les émissions anthropiques ont perturbé cet équilibre. Tout comme un déficit accumulé dans un budget financier peut entraîner une forte dette, ce déséquilibre a causé, avec le temps, une forte surabondance de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Explication : Les émissions anthropiques de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, actuellement évaluées à environ 28 milliards de tonnes par année, représentent quelque 5 % du flux naturel moyen de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, imputable à la respiration des plantes et des sols ainsi qu'à la ventilation provoquée par les eaux de surface des océans (au total, environ 550 milliards de tonnes par année). Cependant, les émissions naturelles sont compensées par les processus naturels d'absorption comme celle du CO_2 par la photosynthèse des plantes, ainsi que par le piégeage océanique. Tout comme un compte bancaire, les changements dans la quantité de dioxyde de carbone de l'atmosphère (le « solde » du bilan global en carbone) sont déterminés par la différence nette moyenne entre les apports (émissions ou « sources ») et les retraits (absorption ou « puits »), et non par l'envergure des flux proprement dit. Des échantillons d'air provenant d'une époque lointaine, emprisonnés sous forme de bulles dans de la glace enfouie profondément dans les calottes polaires du Groenland

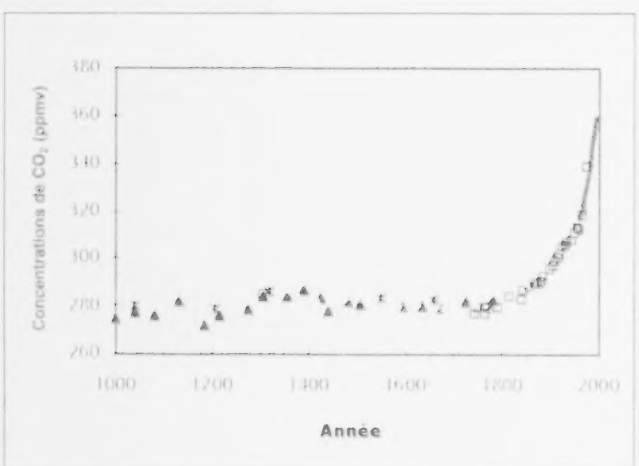


FIGURE B.3
Jusqu'à récemment, les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone sont demeurées proches d'un niveau moyen de 280 parties par million en volume. L'illustration ci-dessus montre les concentrations obtenues à partir de carottes de glace représentatives des 1 000 dernières années sous forme de points de données, tandis que la ligne continue représente les concentrations basées sur des mesures directes de l'atmosphère effectuées au cours des 40 dernières années. Ces résultats montrent que le cycle naturel préindustriel du carbone était presque parfaitement équilibré (GIEC, GTI 2001, p. 201).

et de l'Antarctique, peuvent fournir de bons indicateurs de l'évolution de cet « équilibre » au cours des 420 000 dernières années. Elles montrent clairement que, pendant la période préindustrielle de l'actuelle ère interglaciaire (les 10 000 dernières années), la concentration atmosphérique du dioxyde de carbone ne variait que d'un faible pourcentage par rapport à une valeur moyenne de 280 parties par million en volume (ppmv). Cela sous-entend que le bilan naturel du carbone était en moyenne bien équilibré (c'est-à-dire qu'en moyenne, les apports équivalaient aux retraits) pendant cette période. Ce fait, allié à d'autres sources de renseignements, montre que l'effet cumulatif d'un déséquilibre léger mais croissant, introduit dans le bilan du carbone par les humains, est la principale cause de l'augmentation de 31 % des concentrations de CO_2 constatée depuis quelques siècles. En fait, il s'agit de la « dette » humaine accumulée au sein du bilan global du carbone.

B.4 Les volcans ne dégagent-ils pas naturellement beaucoup plus de CO_2 dans l'atmosphère chaque année que les humains?

Réponse : Non. À l'échelle planétaire, les émanations volcaniques équivalent à moins de 1 % des émissions anthropiques de dioxyde de carbone et contribuent donc fort peu aux changements dans les concentrations atmosphériques de ce gaz. En outre, les émanations volcaniques ont toujours fait partie du cycle naturel, qui est demeuré à peu près équilibré durant plusieurs millénaires, jusqu'à la révolution industrielle.

Explication : Les plus récentes estimations effectuées par des vulcanologues du Geological Survey américain montrent que, dans l'ensemble, les volcans rejettent quelque 150 millions de tonnes (150 Mt) de CO_2 dans l'atmosphère chaque année. En comparaison, les humains émettent annuellement plus de 22 milliards de tonnes (22 Gt) de CO_2 dégagé uniquement par les combustibles fossiles, et à peu près six Gt supplémentaires attribuables au déboisement. Cela revient à plus de cent fois la quantité des émanations volcaniques.

Le mont Etna, en Sicile, est la plus grande source volcanique de CO_2, évaluée à 25 Mt par année. En comparaison, les émissions du mont St. Helens après son éruption, il y a plusieurs décennies, étaient inférieures à deux Mt de CO_2 par année.

B.5 Quelles activités humaines contribuent le plus à la présence de gaz à effet de serre dans l'atmosphère?

Réponse : L'usage de combustibles fossiles représente actuellement de 70 à 90 % de toutes les émissions anthropiques de dioxyde de carbone. Les combustibles fossiles servent au transport, à la fabrication, au chauffage, à la climatisation, à la production d'électricité et à d'autres applications. Les autres émissions anthropiques proviennent de l'utilisation des terres : élevage, agriculture, déboisement et dégradation des forêts. Dans le cas des autres gaz à effet de serre, les principales sources englobent la production et le transport de combustibles fossiles, les activités agricoles, la gestion des déchets et les procédés industriels.

Explication : Chaque année, les humains rejettent plus de 22 milliards de tonnes de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, en extrayant l'énergie des combustibles fossiles. Cependant, les activités de déboisement, la dégradation des forêts et une mauvaise gestion des terres agricoles produisent aussi de fortes quantités de dioxyde de carbone (de deux à neuf milliards de tonnes) chaque année. Ces dernières sont, mais seulement partiellement, compensées par la croissance de nouvelles forêts et une meilleure gestion des sols dans certaines régions du monde.

Les émissions de méthane ont des causes tant naturelles qu'anthropiques. Il s'agit du deuxième gaz à effet de serre le plus important, après le dioxyde de carbone. La culture du riz, l'élevage des bovins et des ovins, ainsi que la décomposition des matières dans les décharges, dégagent tous du méthane, au même titre que les mines de charbon, le forage pétrolier et les fuites dans les canalisations de gaz. L'oxyde nitreux provient à la fois de sources naturelles et d'activités humaines. L'emploi de combustibles fossiles, les pratiques industrielles et agricoles (y compris l'usage d'engrais chimiques), augmentent tous la quantité d'oxyde nitreux dans l'atmosphère. La production industrielle de chlorofluorocarbures (CFC) et d'autres halocarbures (employés en réfrigération, en climatisation et comme solvants) ajoute des gaz à effet de serre, mais bon nombre de ces sources sont graduellement éliminées en vertu des actuelles ententes internationales, car elles amenuisent la couche d'ozone stratosphérique. L'ozone de la troposphère (la partie inférieure de l'atmosphère) est un autre important gaz à effet de serre provenant d'activités industrielles). Il a des causes naturelles, mais il est aussi produit par des réactions atmosphériques occasionnées par des précurseurs du smog comme l'oxyde d'azote provenant de véhicules automobiles et de centrales énergétiques.

Au Canada, environ un tiers de toutes les émissions de gaz à effet de serre sont causées par la production d'énergie pour les Canadiens et pour l'exportation, et elles se répartissent presque également entre la production d'électricité à partir de combustibles fossiles et l'exploration et la production de charbon, de pétrole et de gaz naturel pour le marché énergétique. Une autre proportion de 27 % est produite par le transport de marchandises et de personnes dans tout le Canada (par camion, par automobile, par avion, par train, par bateau ou par d'autres moyens de transport). La fabrication et la construction ajoutent une autre tranche de 17 %, tandis que l'usage non électrique de l'énergie dans les secteurs résidentiel, commercial et institutionnel en émet environ 13 %, et le secteur agricole, près de 9 %.

Les mêmes sources d'émissions se manifestent dans d'autres pays, bien que les rapports diffèrent selon le type d'économie, de culture et de climat.

Référence : Rapport d'Environnement Canada – Inventaire des gaz à effet de serre du Canada (2002)

8.6 Les humains rejettent également beaucoup de dioxyde de carbone dans l'atmosphère en respirant. Devrions-nous cesser de respirer pour mettre un terme au changement climatique?

Réponse : Tout comme pour les arbres, le dioxyde de carbone dégagé par la respiration humaine fait partie d'un cycle naturel du carbone comprenant l'absorption de celui-ci à partir des aliments ingérés et son rejet par la respiration et les excréments. La croissance de nos aliments contribue aussi à enlever le dioxyde de carbone de l'atmosphère par la photosynthèse et d'autres procédés. Le solde net pour chaque être humain est un petit puits de dioxyde de carbone atmosphérique, provoqué indirectement par l'accumulation de la masse corporelle. Si, au décès, un corps humain est enterré, l'élément carbone de la masse corporelle devient un puits de carbone à long terme.

Explication : Chaque être humain absorbe de grandes quantités de carbone chaque année au moyen des végétaux, de la viande et du poisson consommés. Ce carbone alimentaire s'est accumulé par photosynthèse et d'autres procédés qui ont retiré le dioxyde de carbone de l'atmosphère, directement (dans le cas des plantes) ou par l'entremise de la chaîne alimentaire (pour les oiseaux, les poissons et les autres animaux). La plus grande partie du carbone absorbé par un humain est de nouveau expulsée par la respiration (sous forme de dioxyde de carbone) et les excréments. Pendant les années de croissance, une petite quantité est conservée chaque année pour s'accumuler dans la masse corporelle humaine. Cela représente un petit puits net

de carbone qui cesse de s'accumuler à l'âge mûr, où la masse est stable. Au décès, bon nombre de corps humains sont enterrés, devenant ainsi un petit puits de carbone à long terme.

Contrairement à ce qui se passe pour les ruminants, qui ont des systèmes digestifs différents, les gaz émanant des humains par les flatulences ou les rots contiennent très peu de méthane et ne contribuent donc pas beaucoup à accroître les concentrations de cette substance.

B.7 Je crois comprendre que la vapeur d'eau domine l'effet naturel de serre. Cela ne rend-il pas insignifiant les changements survenus dans les concentrations d'autres gaz à effet de serre?

Réponse : Non! Même si la vapeur d'eau représente environ les deux tiers des gaz naturels à effet de serre, les changements de ses concentrations sont déterminés essentiellement par l'évolution de la température atmosphérique et les effets connexes sur le cycle hydrologique. À mesure que d'autres gaz à effet de serre réchauffent l'atmosphère et la surface, la quantité de vapeur d'eau augmente elle aussi, amplifiant l'effet initial de réchauffement des autres gaz à effet de serre.

Explication : La vapeur d'eau est en effet l'un des plus puissants et des plus abondants gaz à effet de serre de l'atmosphère. Sans les autres gaz, elle compterait pour environ de 60 à 70 % des valeurs observées, en comparaison avec environ 25 % s'il n'y avait que du CO_2. Cependant, les humains ont peu d'effet direct sur les concentrations de vapeur d'eau, lesquelles réagissent plutôt aux changements de température et à d'autres procédés atmosphériques naturels. Les températures atmosphériques plus chaudes, attribuables aux plus fortes concentrations de gaz à effet de serre ou à d'autres causes, augmentent la quantité de vapeur d'eau que l'atmosphère peut retenir. De même, des températures de surface plus chaudes augmentent le rythme d'évaporation globale de l'eau à partir des écosystèmes terrestres et des surfaces océaniques. Une bonne partie de l'augmentation de l'évaporation retombe en précipitations accrues, mais une certaine proportion demeure dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau. Depuis quelques décennies, par exemple, une augmentation des températures globales s'est accompagnée d'une hausse des précipitations planétaires et d'une intensification de la teneur en humidité de l'atmosphère au-dessus de nombreuses régions du monde. L'augmentation de la vapeur d'eau influe également sur d'autres aspects du système climatique, surtout les nuages. La plupart des scientifiques conviennent que l'effet global des répercussions directes et indirectes causées par la teneur en humidité accrue dans l'atmosphère augmente beaucoup le réchauffement initial ayant causé la hausse : autrement dit, il s'agit d'une forte rétroaction positive. Cependant, l'envergure de cet effet dépend de l'endroit où l'augmentation se produit dans l'atmosphère. Si c'est dans des régions atmosphériques où l'air est déjà proche des niveaux de saturation, l'effet supplémentaire est faible. Si, par contre, l'effet se manifeste dans de l'air sec situé au-dessus des déserts ou dans la haute troposphère, l'effet peut être très prononcé. La plupart des modèles suggèrent que l'effet d'amélioration sera très important (de l'ordre de 60 %). Cependant, cette rétroaction est très complexe et son étendue demeure l'une des principales incertitudes des modèles climatiques.

B.8 Les émissions anthropiques d'aérosols refroidissent-elles le climat et, par conséquent, compensent-elles les émissions de gaz à effet de serre?

Réponse : Bon nombre d'activités humaines entraînent aussi l'émission d'aérosols sulfatés et contenant de la suie, des particules de combustion de la biomasse ainsi que de la poussière du sol. Ces aérosols, en plus de refléter directement ou d'absorber la lumière solaire, peuvent

modifier les caractéristiques des nuages et avoir de fortes répercussions sur les climats régionaux. Mais certains aérosols causent un réchauffement, et d'autres, un refroidissement. Bien que leurs effets soient encore mal compris, la plupart des études montrent que leur rôle complexe au cours du siècle dernier a été important, mais secondaire par rapport à celui des gaz à effet de serre. Étant donné que, dans de nombreux pays, l'émissions de ces aérosols est maintenant contrôlée pour réduire la pollution atmosphérique locale, on s'attend à ce que l'effet relatif des gaz à effet de serre sur le climat soit beaucoup plus important que celui des aérosols, à l'avenir.

Explication : Bon nombre des mêmes activités anthropiques émettant des gaz à effet de serre produisent également des aérosols (petites particules solides et gouttelettes) dans l'atmosphère. Cela englobe les aérosols sulfatés et la suie provenant des combustibles fossiles, les émanations de la biomasse suscitées par la combustion de la végétation, ainsi que la poussière minérale produite par les activités agricoles. Certains aérosols, comme la suie, sont foncés et absorbent donc la lumière solaire tout en réchauffant l'atmosphère. D'autres, comme les aérosols sulfatés, reflètent la lumière solaire et entrainent un refroidissement. Ces aérosols peuvent également rendre les nuages plus brillants et plus durables. Étant donné que, contrairement aux gaz durables à effet de serre, les aérosols ne demeurent dans la basse atmosphère que quelques jours à quelques semaines, ils ne se répandent pas dans le monde entier mais demeurent concentrés dans des régions industrielles ou agricoles ou sont acheminés par le vent à partir de celles-ci. Vu leur répartition irrégulière, leur effet est beaucoup plus prononcé dans certaines parties du monde que dans d'autres, de sorte qu'ils ont un effet complexe sur le climat, y compris des changements dans la circulation et les caractéristiques des nuages, de même que le réchauffement ou le refroidissement de certaines régions locales.

À l'échelle planétaire, certains de leurs effets s'annulent mutuellement. Cependant, même si l'on est loin d'en être sûr, il est probable que ces aérosols aient « masqué » certaines des répercussions des gaz à effet de serre. Si leurs émissions devaient cesser en une journée, ils disparaitraient rapidement, démasquant de nouveau cette partie de l'effet des gaz à effet de serre qu'ils avaient dissimulée à l'échelle régionale.

Bon nombre de pays ont déjà entrepris des programmes pour réduire les émissions de ces gaz afin d'améliorer la qualité locale de l'air, de sorte que ces émissions diminuent dans la plupart des régions industrialisées, mais elles demeurent à la hausse dans certaines autres. Il est probable que ces régions devront également réduire leurs émissions à l'avenir pour protéger la qualité locale de l'air. Les spécialistes estiment que l'influence des aérosols sera nettement moins prononcée que celle des gaz à effet de serre, au cours des prochaines décennies.

B.9 Quelles autres activités anthropiques influent sur le climat?

Réponse : Les humains influent aussi sur le climat en amenuisant la couche d'ozone de la stratosphère, qui refroidit légèrement la surface, et en modifiant la réflectivité de la surface terrestre par une nouvelle utilisation des terres (essentiellement un effet de réchauffement). On croit que ce phénomène est relativement faible en comparaison avec l'action des gaz à effet de serre.

Explication : L'appauvrissement de la couche d'ozone favorise la pénétration du rayonnement ultraviolet jusqu'à la basse atmosphère, mais réduit aussi l'effet de serre de l'ozone en question. La prédominance de ce dernier gaz a provoqué un léger refroidissement de la surface depuis quelques décennies. L'amenuisement devrait se stabiliser et, par la suite, s'inverser dans l'avenir, à mesure que l'effet des dispositions prises par le Protocole de Montréal réduira les concentrations de substances appauvrissant la couche d'ozone dans la stratosphère.

Le déboisement, le reboisement, la désertification, la culture du sol et l'urbanisation sont autant de procédés pouvant influer sur l'albédo de la surface (c'est-à-dire la quantité de lumière solaire réfléchie par la surface terrestre vers l'espace). Ces effets sont complexes et dépendent de la période de l'année. Par exemple, le remplacement des forêts des latitudes moyennes par des champs agricoles peut diminuer l'albédo au printemps et à l'automne (lorsque les sols nus sont exposés au soleil), mais l'accroître en hiver (quand les champs sont recouverts de neige, plutôt que d'une voûte de feuillage). Certaines études suggèrent que ces répercussions peuvent être importantes sur le climat, mais d'autres études montrent que, malgré tout, l'effet net global est moins prononcé que celui des anciens changements dans les concentrations de gaz à effet de serre, d'autant plus que la surface en question est relativement restreinte par rapport à la surface totale de la Terre.

C Détection et attribution du changement climatique

C.1 Le monde s'est-il réchauffé?

Réponse : Oui. La température globale moyenne à la surface terrestre est plus chaude d'environ 0,6 °C depuis la fin du XIXe siècle.

Explication : meilleure estimation relativement à l'ampleur du réchauffement moyen de la surface du globe, au cours du siècle dernier, est de 0,6 °C, avec une marge d'erreur de ± 0,2 °C. Il importe de noter que ces chiffres se rapportent au réchauffement moyen de la surface planétaire. Dans certaines régions, surtout au-dessus des continents, le réchauffement réel est de plusieurs fois supérieur à la moyenne mondiale. À quelques endroits, les températures ont en fait refroidi. Au Canada, par exemple, la température annuelle moyenne a augmenté d'environ 1 °C, de 1895 à 1992. Selon les résultats d'une récente recherche entreprise pour l'hémisphère Nord, le XXe siècle sera vraisemblablement considéré comme le siècle le plus chaud, les années 90 comme la décennie la plus chaude, et 1998 et 2001 comme les années les plus chaudes du millénaire précédent.

C.2 Comment les scientifiques savent-ils que la Terre s'est réchauffée?

Réponse : En plus de la cohérence des preuves de réchauffement obtenues à la fois par des relevés sur la température de l'air et d'autres données substitutives sur la température, bon nombre d'autres indicateurs révèlent que le monde se réchauffe : réchauffement des couches supérieures des océans du monde, fonte des glaciers de montagne, recul de la couverture de glace et de neige des mers, hausse du niveau des océans et modification de la distribution de nombreuses espèces de plantes et d'animaux.

Explication : Les relevés instrumentaux des températures atmosphériques de surface recueillies au cours des 120 dernières années correspondent bien aux indicateurs substitutifs du climat, comme les anneaux de croissance des arbres, les carottes de glace, les coraux et les

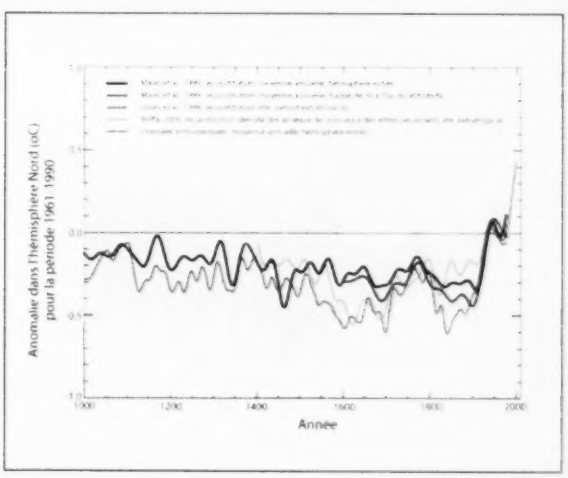


FIGURE C.1
On a employé des données provenant de divers indicateurs substitutifs de températures d'époque, y compris les anneaux de croissance des arbres, les carottes de glace et les coraux, pour reconstruire les températures de l'hémisphère Nord depuis mille ans. La ligne bleue continue représente une moyenne pondérée des températures de l'hémisphère, établie à partir des données substitutives, tandis que la ligne rouge représente la moyenne hémisphérique des températures de l'air en surface mesurées dans des stations climatiques au cours des 140 dernières années. Les secteurs ombragés en gris représentent la marge d'erreur estimative pour chaque indicateur substitutif. Les documents montrent que le XXe siècle a vraisemblablement été le plus chaud du millénaire, les années 90 étaient la décennie la plus chaude, et 1998, l'année la plus chaude (GIEC, GTI 2001, p. 134).

températures au sol. Tous font état d'un réchauffement prononcé au cours du dernier siècle. De plus, comme l'indique la figure C.1, lorsqu'on repousse dans le temps l'analyse de ces indicateurs substitutifs, ils montrent que le réchauffement du XXe siècle survenu dans l'hémisphère Nord est sans précédent depuis au moins les mille dernières années, que les années 90 ont été la décennie la plus chaude, et que 1998 et 2001 ont été les deux années les plus chaudes pour cette période. En outre, diverses autres variables climatiques prouvent l'existence du réchauffement du climat : une réduction de 10 % de la surface du manteau nival dans l'hémisphère Nord depuis la fin des années 60; une réduction simultanée des saisons relatives à la couche de glace des lacs; une réduction de la couche glaciaire de la mer dans l'Arctique depuis les années 50 (de 10 à 15 %) et un amincissement considérable de la glace marine; une hausse de 10 à 20 cm du niveau global des mers au cours du XXe siècle; une augmentation du contenu thermique global des océans depuis le début des mesures adéquates effectuées au cours des années 50; enfin, une diminution de la fréquence des températures extrêmement basses depuis les années 50.

C.3 Malgré le réchauffement planétaire général au cours du XXe siècle, certaines personnes allèguent que les températures moyennes actuelles sont encore inférieures à celles qui ont prévalu pendant les périodes chaudes survenues par le passé, comme le petit optimum du moyen âge (période de réchauffement médiéval). Cela ne suggère-t-il pas que les hausses actuelles sont vraisemblablement attribuables à des causes naturelles et donc qu'elles ne seraient pas vraiment préoccupantes?

Réponse : Les causes naturelles, comme l'intensité accrue de la lumière solaire et la réduction de la poussière volcanique dans l'atmosphère, ont pu contribuer au réchauffement survenu au cours de la première partie du XXe siècle, mais ne peuvent expliquer le rapide réchauffement au cours du demi-siècle le plus récent. Cependant, la figure C.1 montre que celui des récentes décennies était prévisible en raison de l'interférence humaine avec l'atmosphère. De plus, comme l'illustre la figure C.3, une analyse soignée des indicateurs à la fois mesurés et indirects des températures planétaires montre que le XXe siècle a vraisemblablement été le plus chaud de tout le millénaire, et que les années 90 ont été la plus

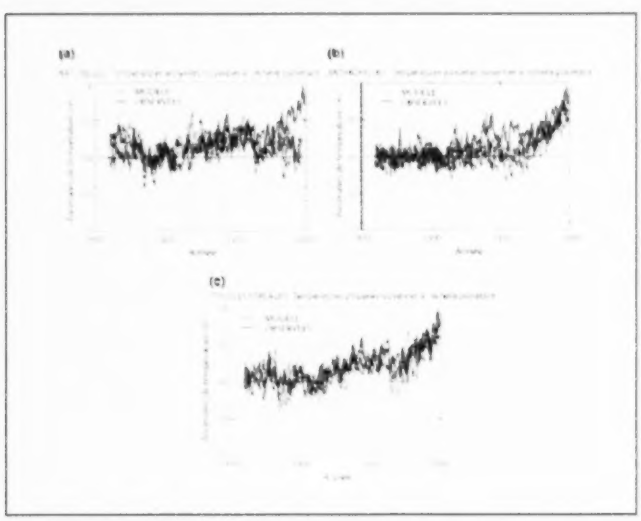


FIGURE C.3
Comparaison entre les changements observés dans les températures planétaires moyennes en surface (ligne rouge) et les simulations sur maquette de différentes combinaisons de forçage radiatif (lignes grises) : a) un forçage naturel attribuable aux activités solaires et volcaniques; b) un forçage attribuable uniquement aux activités humaines (gaz à effet de serre, aérosols, amenuisement de l'ozone stratosphérique); c) un forçage attribuable à la fois à des causes naturelles et humaines (rapport de synthèse, troisième rapport d'évaluation du GIEC, figure 2.4).

chaude décennie de cette période. Le GIEC conclut que la plus grande partie du réchauffement au cours des 50 dernières années était vraisemblablement attribuable à des influences humaines.

Explication : Les chercheurs ont recueilli indirectement de l'information sur les climats précédents, à partir de divers indicateurs comme les anneaux de croissance des arbres, les carottes de glace et les coraux océaniques. Ceux-ci montrent que, du moins pour l'hémisphère Nord, le XXe siècle a été le plus chaud au moins des mille dernières années. En outre, les années 90 ont été la plus chaude décennie. En comparaison, le petit optimum du moyen âge, qui s'est produit il y a environ mille ans, semble s'être manifesté dans les régions entourant l'Atlantique nord, mais pas dans d'autres parties de l'hémisphère Nord. Par conséquent, les températures moyennes pour tout l'hémisphère au cours de cette période ont été plus fraiches que celles du siècle dernier (voir la figure C.1). Les indicateurs substitutifs pour l'hémisphère Sud sont actuellement trop rares pour permettre des comparaisons aussi concluantes dans cette région. Cependant, des scientifiques spécialisés en paléoclimatologie ont également effectué des approximations des températures globales en remontant davantage le temps. Les résultats obtenus portent à croire que les températures maximales de l'actuelle période interglaciaire, il y a quelque 6 000 ou 8 000 ans, étaient d'environ 1 °C plus élevées que maintenant, et que les variations de température de cet ordre se sont produites durant des milliers d'années depuis lors. Cela suppose qu'une partie du récent réchauffement pourrait être attribuable à des causes naturelles. Tel qu'indiqué dans la figure C.3, sur les modèles climatiques montrent que, pendant la première moitié du XXe siècle, une grande partie du réchauffement est en fait probablement attribuable à une combinaison de l'accroissement du rayonnement solaire, de la diminution de la poussière volcanique de l'atmosphère et de concentrations accrues de gaz à effet de serre. Cependant, au cours des 50 dernières années, l'intensité solaire n'a manifesté aucune tendance majeure à long terme, et les éruptions volcaniques d'envergure plus fréquentes ont en moyenne augmenté le niveau de poussière volcanique dans l'atmosphère avec le temps. Par conséquent, les effets combinés des causes naturelles de changement, en elles-mêmes, auraient dû entraîner un refroidissement pendant cette période. Au contraire, les relevés sur le climat observé révèlent un rapide réchauffement au cours des récentes décennies, ce qui concorde vraisemblablement avec les influences humaines. Par conséquent, le GIEC conclut que, même si les changements survenus au cours du siècle dernier sont attribuables à une combinaison de facteurs naturels et humains, ceux qui remontent aux 50 dernières années sont vraisemblablement attribuables en majorité à l'influence humaine.

Référence : GIEC, TAR, 2001, chapitre 2 et 12

C.4 Étant donné que les relevés de température effectués au cours du siècle dernier peuvent avoir été faussés par des erreurs d'observation, le déplacement des lieux d'observation et d'autres influences humaines comme l'effet de l'îlôt de chaleur urbain, pouvons-nous nous fier à eux pour déterminer l'évolution du climat?

Réponse : Oui, collectivement, ils fournissent une bonne indication de l'évolution de notre climat. Tel qu'indiqué pour un usage approprié de données à partir de programmes de surveillance, les données climatiques employées pour étudier le climat sont d'abord évaluées sur le plan de la qualité et des sources systématiques d'erreur. En plus de supprimer les documents contenant de graves erreurs ou relatifs à des influences non climatiques, et de corriger les autres où les erreurs sont faciles à déceler, les climatologues comparent aussi les relevés climatiques employés avec d'autres types d'information. Pour tenir compte des autres facteurs non climatiques touchant ces relevés, les spécialistes prévoient une marge d'erreur

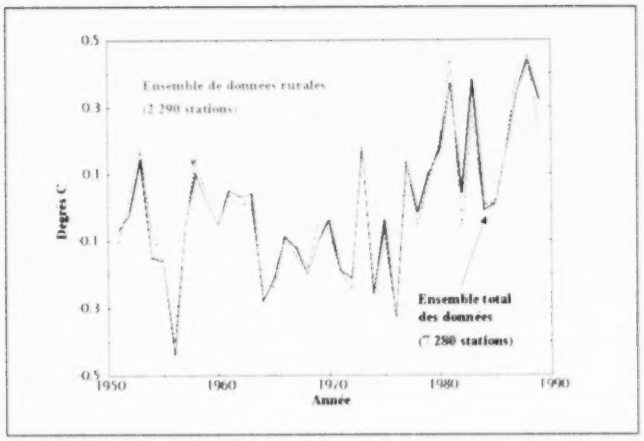


FIGURE C.4
Une comparaison entre les tendances de la température manifestées dans l'ensemble de données terrestres entièrement corrigées, utilisées pour l'analyse des tendances de la température planétaire, ainsi qu'un sous-ensemble de stations météorologiques rurales, suggère qu'il subsiste très peu d'effet résiduel de l'urbanisation dans les données (Peterson, et al., 2001, Geop. Res. Lett. 26:329-332).

dans leurs estimations, affirmant avec confiance que le réchauffement au cours du siècle dernier a été d'au moins 0,4 °C et non supérieur à 0,8 °C.

Explication : Une méthode employée pour supprimer les erreurs aléatoires, qui se produisent dans des stations individuelles, consiste à établir la moyenne des valeurs de température entre de nombreuses stations. Les analyses de la température globale utilisent plusieurs milliers de stations, de sorte que l'établissement de la moyenne estompe les erreurs aléatoires. Les changements systématiques non liés au climat, mais susceptibles d'avoir une influence simultanée sur l'ensemble des relevés sont plus difficiles à éliminer : valeurs observées attribuables à l'îlot de chaleur urbain, changements majeurs d'instrumentation, modification de la densité des stations enregistreuses, ou déplacement systématique des instruments dans les stations météorologiques. Ces problèmes peuvent au moins être partiellement abordés grâce à une analyse et à des ajustements soignés. En analysant les tendances planétaires, les climatologues ont soigneusement tenu compte de plusieurs influences systématiques de ce genre, y compris l'effet de l'îlot de chaleur, les nouvelles techniques d'observation à bord de navires, ainsi que d'autres influences non climatiques exercées sur les observations. Il reste des preuves solides que le réchauffement survenu au cours des récentes décennies est authentique et planétaire. En outre, les relevés de température en surface concordent avec la tendance à long terme manifestée dans les mesures de la haute atmosphère par radiosonde, effectuées au cours du dernier demi-siècle, avec les preuves fournies par les anneaux de croissance des arbres et avec les renseignements obtenus à partir des trous de forage pratiqués dans la surface terrestre, dans différentes parties du monde. Ils concordent aussi avec des phénomènes simultanés comme la réduction du manteau nival, le recul des glaciers et d'autres indicateurs d'un monde en réchauffement. Cependant, à cause de la distribution inégale des lieux d'observation sur la Terre, les relevés climatiques sont encore dominés par des données terrestres obtenues dans l'hémisphère Nord. Compte tenu de ces incertitudes, la communauté scientifique estime que la surface de la Terre s'est en moyenne réchauffée d'au moins 0,4 °C, voire jusqu'à 0,8 °C.

C.5 **Une forte augmentation de la température s'est produite vers le début de notre siècle, lorsque les émissions de CO_2 étaient encore relativement faibles. Cependant, les températures ont bel et bien baissé au cours des années 50 et 60, lorsque les émissions ont commencé à augmenter rapidement. Ce fait ne contredit-il pas la conception selon laquelle une augmentation des émissions de CO_2 réchaufferait les climats?**

Réponse : En plus des effets du CO_2, les températures du siècle dernier ont été influencées par des changements dans le système climatique attribuables à des facteurs naturels (comme la variabilité interne au sein du système climatique, la variabilité solaire et (ou) les émissions d'aérosols attribuables aux éruptions volcaniques), à des concentrations accrues d'autres polluants rejetés dans l'atmosphère par les activités humaines (comme les aérosols sulfatés et la poussière) et, plus récemment, par l'amenuisement de la couche d'ozone dans la stratosphère. La réaction à ces divers stimuli est modifiée davantage par la lente réaction des océans. Une fois tous ces facteurs inclus dans les simulations par modèle des changements de température, les résultats concordent très étroitement avec les observations.

Explication : Le comportement du système climatique est complexe et tient compte de nombreux éléments, variables et rétroactions différents. Le système comporte une importante variabilité interne naturelle occasionnant des fluctuations dans les conditions climatiques d'une région à l'autre et d'une décennie à l'autre. Par exemple, les fluctuations associées à l'oscillation australe El Niño ainsi qu'à l'oscillation de l'Atlantique Nord peuvent modifier l'évolution de la température planétaire durant des années, voire des décennies. En outre, le système climatique réagit à différentes causes de changement (appelées forçage du climat). Ainsi, l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre, même si elle a probablement été dominante au cours du dernier siècle, n'est qu'un élément parmi d'autres. Signalons aussi les effets des changements naturels dans l'intensité solaire (une plus forte intensité entraîne une hausse des températures de surface) ou de la quantité de poussière volcanique dans l'atmosphère (qui tend à refroidir la surface), ainsi que les autres influences humaines comme les émissions dans l'atmosphère de divers types d'aérosols ou de leurs précurseurs (essentiellement un effet de refroidissement en surface) et l'amenuisement de la couche d'ozone stratosphérique (un effet de refroidissement en surface). Ces répercussions varient avec le temps. Le refroidissement provoqué par les émissions anthropiques d'aérosols sulfatés, par exemple, a rapidement augmenté dans l'hémisphère Nord, entre les années 1950 et 1980, masquant ainsi une partie de l'influence exercée par l'augmentation des gaz à effet de serre au cours des récentes décennies, mais s'est stabilisé depuis quelques décennies, à cause des mesures prises pour améliorer la qualité de l'air. Par contre, l'influence de refroidissement en surface exercée par l'amenuisement de la couche d'ozone a commencé vers la fin des années 70 et atteint maintenant un sommet, avec l'entrée en vigueur des mesures prises en vertu du Protocole de Montréal pour réduire les émissions de substances appauvrissant l'ozone.

De plus, la réaction à long terme du climat aux effets des concentrations accrues de CO_2 ou du forçage climatique est nettement retardée par l'inertie océanique, ce qui est assez semblable à la manière dont les grands lacs intérieurs peuvent influencer et retarder les changements saisonniers dans les températures des terres adjacentes. Plus l'augmentation influe rapidement sur le changement climatique, plus grand est l'écart entre la réaction instantanée du climat et le potentiel complet de sa réaction au forçage. Par conséquent, puisque le rythme d'augmentation du CO_2 jusqu'en 1940 était très lent (plus de 150 ans), la plupart des effets connexes sur le climat se seraient déjà nettement manifestés dans le système climatique dès 1940. Cependant, puisque l'augmentation du CO_2 depuis 1940 a été beaucoup plus rapide, l'inertie océanique aura retardé une fraction beaucoup plus grande de son effet climatique potentiel complet.

La tendance à la hausse des températures observée au cours du siècle dernier est dominée par un réchauffement assez abrupt d'environ 0,3 °C entre 1920 et 1940, une légère tendance au refroidissement entre les années 1940 et 1970, ainsi qu'une autre période de réchauffement rapide (environ 0,3 °C) depuis 1975. Si l'on tient compte des divers facteurs de forçage susmentionnés dans les simulations sur maquette, les projections concordent très bien avec

les changements observés. Elles suggèrent aussi que les facteurs humains dominent les tendances depuis les 50 dernières années.

C.6 Le refroidissement majeur, survenu dans des endroits comme l'est de l'Arctique canadien, le Groenland et l'est de l'Antarctique, depuis quelques décennies, ne contredit-il pas les prédictions de modèle relatives au réchauffement planétaire?

Réponse : Non. Un refroidissement régional peut fort bien coïncider avec un monde plus chaud. Même si l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre applique un forçage global plutôt uniforme, d'autres facteurs comme la variabilité naturelle, des rétroactions locales et des changements régionaux dans la circulation atmosphérique et océanique peuvent intensifier leurs effets dans une région tout en les réduisant dans une autre. Par exemple, dans l'Arctique, certaines régions (comme l'ouest de l'Arctique canadien et la Sibérie) se sont nettement réchauffées. Bien que l'est de l'Arctique soit également devenu légèrement plus chaud au cours des 50 dernières années, certaines de ses régions se sont quelque peu refroidies. Malgré ces variations régionales, les températures moyennes dans tout l'Arctique augmentent considérablement, ce qui corroborent les récentes projections faites par modèle. Ainsi, même si certaines régions de l'est de l'Antarctique se sont refroidies depuis quelques décennies, la péninsule de l'Antarctique s'est radicalement réchauffée. Il existe maintenant des modèles climatiques perfectionnés qui permettent de saisir très bien cette variabilité et peuvent simuler des changements régionaux très semblables aux observations.

Explication : Le système climatique est très variable, tant d'une région à l'autre que d'une années à l'autre. C'est parce que les rétroactions locales, les changements dans la circulation atmosphérique et d'autres facteurs peuvent influencer une partie d'une région très différemment par rapport à une autre. Par exemple, il y a des preuves qu'au cours des 50 dernières années, les changements survenus dans les oscillations de l'Arctique et de l'Atlantique Nord ont joué un grand rôle dans le réchauffement draconien (de plus de 2 °C) de l'ouest de l'Arctique canadien et de certaines parties de la Sibérie, tandis que certaines parties de l'est se sont refroidies. Malgré les secteurs de refroidissement, l'est de l'Arctique s'est néanmoins légèrement réchauffé (environ 0,2 °C). De même, en Antarctique, certaines parties de la région orientale du continent se sont refroidies depuis quelques décennies, tandis que la péninsule de l'Antarctique s'est nettement réchauffée. Dans cette région, il y a des preuves que les changements dans la circulation atmosphérique ayant contribué à ces différences régionales peuvent être liés à l'amenuisement de l'ozone stratosphérique. Certaines de ces différences disparaissent aussi lorsqu'on augmente la durée du relevé. Par exemple, même si toute la région du Canada atlantique s'est légèrement refroidie depuis 50 ans, les provinces maritimes présentent un réchauffement important de 0,6 °C si l'on tient compte des relevés complets effectués pendant toute la période de cent ans. Entre-temps, les tendances au réchauffement sur une grande échelle dans les régions arctiques sont attestées par une diminution de quelque 400 000 kilomètres carrés de la surface de la glace marine, ainsi que par une réduction simultanée du manteau nival de l'hémisphère Nord au cours de la dernière décennie.

Les simulations réalisées à l'aide de modèles climatiques jumelées ne permettent pas pour l'instant de prédire avec précision l'évolution, d'une décennie à l'autre, de ces changements régionaux dans la circulation atmosphérique et d'autres facteurs influant sur les températures régionales. Cependant, elles montrent bel et bien des tendances régionales de changement qui illustrent des différences largement semblables aux observations.

C.7 Les mesures par satellite montrent que les températures mesurées dans la basse atmosphère au-dessus de la surface terrestre se réchauffent beaucoup plus lentement que la surface proprement dite. Cela ne sous-entend-il pas que la Terre ne se réchauffe pas comme prévu?

Réponse : Non. Quand on compare les données en surface aux températures de la basse atmosphère obtenues au moyen de ballons-sondes météorologiques, sur une longue période de plus de quatre décennies, les deux tendances sont presque identiques. Malheureusement, les données par satellite ne sont disponibles que pour les deux dernières décennies. Sur une période aussi courte, des événements climatiques inhabituels comme les éruptions volcaniques et El Niño peuvent fortement fausser les tendances et influencer la surface différemment par rapport à l'atmosphère qui la recouvre. Par conséquent, les données par satellite, en elles-mêmes, sont encore trop peu nombreuses pour servir à une analyse des tendances climatiques à long terme.

Explication : On utilise des données hyperfréquences de satellite depuis 1979 pour évaluer les températures de la basse troposphère, entre une altitude d'environ huit kilomètres et la surface. Pendant cette courte période, les tendances observées en surface et dans la basse atmosphère sont nettement influencées à la fois par le réchauffement provoqué par un fort El Niño en 1982–1983 et par le refroidissement suscité par l'augmentation de la poussière volcanique dans l'atmosphère durant plusieurs années après l'éruption du mont Pinatubo en 1991. Cependant, ces influences modifient la surface différemment de la basse atmosphère. Une bonne partie de ces différences devraient s'équilibrer avec le temps. En fait, une comparaison entre les tendances de la température moyenne en surface et celles de la basse atmosphère, compilées à partir de données par radiosondes, suggère que les deux tendances sont presque identiques lorsqu'on effectue la moyenne sur les quatre dernières décennies.

Comme les relevés de données en surface, les données par satellite doivent également être corrigées en fonction des changements non liés au climat. Par exemple, même si les estimations antérieures des tendances dans les données par satellite indiqueraient un refroidissement d'environ –0,06 °C par décennie depuis 1979, de récentes corrections tenant compte de l'influence du déclin d'orbite de satellite et de l'addition de plusieurs années supplémentaires de données ont permis de constater une légère tendance au réchauffement de 0,04 °C par décennie. On se préoccupe également d'autres possibles imprécisions des données, car les relevés consistent en des mesures prises par des instruments placés sur huit différents satellites et regroupées en une seule série. En outre, les effets de la vapeur d'eau et des gouttelettes de l'atmosphère sur les données hyperfréquences n'ont pas forcément été correctement corrigés lors du calcul des températures connexes.

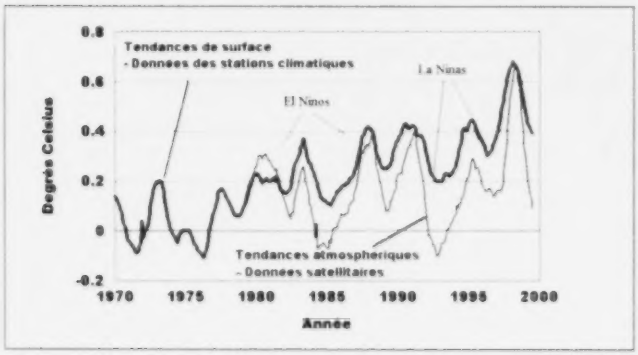


FIGURE C.7
Comparaison des tendances dans les anomalies annuelles constatées dans les températures en surface depuis 1970 (ligne foncée) et les observations par satellite des températures dans la basse atmosphère depuis 1979 (ligne pâle) (NOAA).

D Prédiction du climat

D.1 À quel point la Terre est-elle susceptible de se réchauffer à l'avenir?

Réponse : Sans une intervention planétaire coordonnée pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, la température moyenne à la surface de la Terre, par rapport à 1990, devrait augmenter de 1,4 à 5,8 °C (à peu près de deux à 10 °F), d'ici l'an 2100. Même si les concentrations de gaz à effet de serre se stabilisent, les températures continueront à augmenter durant plusieurs siècles encore, à cause du retard manifesté par la réaction océanique.

Explication : Il s'agit actuellement de la meilleure évaluation basée sur la gamme probable de concentrations futures prévues de gaz atmosphériques à effet de serre et de sulfates (qui ont un effet de refroidissement), si l'on ne prend aucune mesure spécifique pour réduire les émissions de ces gaz. Les projections tiennent aussi compte des incertitudes liées au rendement des modèles climatiques. Étant donné que la plupart des gaz à effet de serre demeurent longtemps dans l'atmosphère, les effets des émissions antérieures persisteront durant des siècles, même si les émissions de gaz à effet de serre attribuables aux activités humaines devaient cesser immédiatement. Il importe de noter que les changements de température se manifesteront de façon inégale dans le monde. Les terres se réchaufferont davantage que les océans et l'on prévoit un plus grand réchauffement annuel pour les latitudes élevées, ainsi qu'un plus grand réchauffement en hiver qu'en été pour les latitudes moyennes à élevées. Au Canada, la température moyenne annuelle pourrait augmenter de cinq à 10 °C au cours du prochain siècle.

Références : GIEC, TAR, 2001, chapitre 9.

D.2 Pourquoi y a-t-il un écart supérieur à 4 °C dans les projections sur l'intensité du réchauffement planétaire?

Réponse : Deux principaux facteurs contribuent à la gamme des estimations. Le premier est l'incertitude sur le futur comportement humain et la façon dont celui-ci pourrait influer sur les concentrations de gaz à effet de serre et les aérosols dans l'atmosphère. Le second est

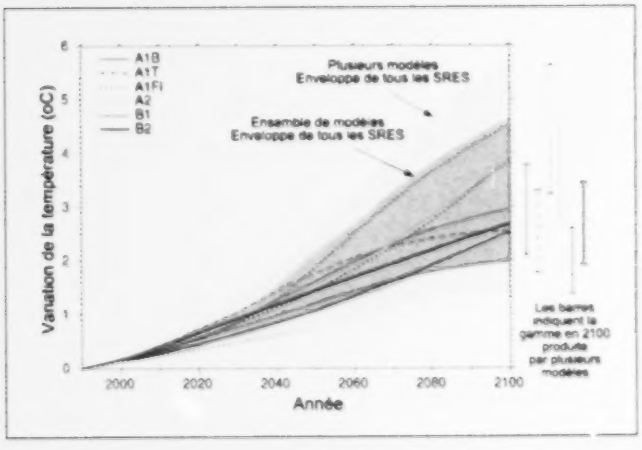


FIGURE D.1
Gamme prévue d'augmentation dans les températures moyennes à la surface de la Terre, au cours du prochain siècle, en comparaison avec les changements survenus pendant le dernier millénaire. Les secteurs foncés représentent l'incertitude attribuable aux futures émissions anthropiques de gaz à effet de serre, tandis que la partie ombragée plus pâle indique l'incertitude relative à la sensibilité du système climatique à ces émissions (rapport de synthèse 2001 du GIEC, p. 34).

l'incertitude scientifique concernant la rapidité et l'intensité des effets occasionnés par ces concentrations sur le système climatique. Une fois combinés, ces facteurs montrent un écart de plus de 4 °C entre le résultat le plus optimiste (un réchauffement de 1,4 °C) et le plus pessimiste (un réchauffement de 5,8 °C) d'ici 2100.

Explication : Les émissions futures de gaz à effet de serre et d'aérosols dépendront de la rapidité avec laquelle les populations humaines et les économies s'accroîtront au cours des futures décennies, de l'efficacité avec laquelle les sociétés consommeront l'énergie, du type d'énergie employé et des changements vraisemblables apportés à l'utilisation humaine des terres. Ces incertitudes concernent le futur comportement social plutôt que le système climatique. Cependant, il subsiste une considérable incertitude sur la façon dont le système climatique réagira aux changements dans les concentrations de gaz à effet de serre et d'aérosols. Au cours des prochaines décennies, le dernier facteur est le plus important, tandis que le premier est la principale source d'incertitude pour la deuxième moitié du siècle. On en arrive à un écart de 4 °C dans les projections sur le réchauffement pour 2100, lorsqu'on tient compte de ces incertitudes dans les simulations par modèle.

D.3 Pourquoi devrions-nous croire les résultats des modèles climatiques lorsque leurs diverses prévisions à l'égard d'un futur climat sont aussi différentes les unes des autres?

Réponse : Même si les modèles divergent sur les détails des futurs changements climatiques, ils concordent généralement assez bien à l'échelle continentale et au sujet de l'importance des changements prévus de température, particulièrement au cours des prochaines décennies.

Explication : Divers modèles utilisent de nouvelles techniques pour décrire l'influence de plusieurs éléments du système climatique. En outre, il existe une importante variabilité naturelle au sein de ce système, de sorte que des expériences identiques effectuées avec le même modèle peuvent donner fort bien des résultats légèrement différents. Par conséquent, il y a de grandes différences entre les expériences modélisées, en ce qui concerne les détails et le rythme des futurs changements climatiques. Cependant, tous les modèles concordent sur le fait que le réchauffement sera prononcé et vraisemblablement sans précédent dans l'histoire humaine, qu'il sera plus intense pour les continents que pour les océans, et dans les hautes latitudes que les basses, que les niveaux des océans s'élèveront, que la couverture de neige et de glace marine diminuera et s'amincira, et que l'on constatera une augmentation et une distribution nettement différente des précipitations moyennes du globe.

D.4 Quelle est la fiabilité des modèles utilisés pour prévoir le changement climatique?

Réponse : Les modélisateurs du climat font appel aux connaissances physiques et mathématiques les plus avancées dont nous disposons aujourd'hui pour élaborer des modèles complexes du climat. Les modèles sont tout d'abord testés à l'aide des climats observés et des climats antérieurs afin de garantir l'exactitude de leur simulation. Une fois ces tests et d'autres tests effectués avec succès, les modèles sont appliqués à la prévision de climats futurs à l'aide de divers scénarios d'émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols. À l'échelle régionale, les résultats de ces tests présentent des écarts appréciables avec les données observées et celles de climats antérieurs mais, à l'échelle planétaire, les modèles perfectionnés actuels permettent d'assez bien reproduire l'allure et les tendances. Les modélisateurs croient donc être en mesure de fournir des indicateurs utiles de la réaction du climat à la poursuite des activités humaines qui interfèrent avec le système climatique.

Explication : Les modèles informatisés qui servent à la prévision des climats sont fondés sur des principes des sciences physiques reconnus et sur une importante quantité d'observations scientifiques du système climatique. Ils font appel à des équations mathématiques complexes pour décrire la façon dont ces principes régissent les interactions entre la terre, la mer, la glace et l'air qui, ensemble, déterminent le climat de la planète. Ces modèles sont souvent exploités par de très gros ordinateurs afin de simuler les comportements climatiques à partir d'une situation d'équilibre. Ils font tout d'abord l'objet d'un test afin de vérifier leur capacité à bien décrire le climat actuel et la plupart d'entre eux peuvent maintenant décrire de façon passablement exacte les principales caractéristiques du système climatique. Ils présentent cependant d'importants écarts au niveau régional parce que leur résolution n'est pas assez fine pour tenir compte de toutes les interactions régionales significatives du système climatique et parce que certaines de ces interactions ne sont pas encore suffisamment comprises. Les modèles sont ensuite appliqués aux climats du passé, notamment à celui des 100 dernières années, du pic climatique de l'holocène, il y a 6 000 ans, et du dernier pic climatique glaciaire, il y a 18 000 ans. La plupart des modèles les plus perfectionnés peuvent maintenant simuler ces climats assez bien, particulièrement celui des 100 dernières années. Enfin, des comparaisons de modèles sont aussi effectuées afin de connaître les points de désaccord entre les modèles et les raisons de ces désaccords. La confiance envers le rendement des modèles climatiques s'est accrue de façon extrêmement importante au cours des quatre dernières décennies de leur évolution. Ainsi, bien qu'il demeure certaines incertitudes quant au rendement des modèles, on ne doute pratiquement plus de leur capacité de fournir des éléments de prévision utiles sur le changement climatique.

D.5 Il arrive souvent que les modèles servant aux prévisions météorologiques soient incapables de prévoir correctement le temps qu'il fera dans quelques jours. Comment peut-on s'attendre à ce que les modèles climatiques fassent des prévisions fiables pour les décennies à venir si ce n'est pour le siècle prochain?

Réponse : Le climat représente la moyenne des conditions météorologiques et est donc plus facile à prévoir que les variations horaires ou quotidiennes du temps. Le temps a un comportement chaotique et est souvent difficile à prévoir à plus d'une semaine à l'avance environ. Quant au climat, il est en grande partie déterminé par des processus géophysiques à l'échelle du globe et de la région qui varient lentement. Par conséquent, si ces facteurs sont correctement compris et prévisibles, le climat peut aussi être prévu longtemps à l'avance et avec une certaine certitude.

Explication : Le temps qu'il fait un jour donné et en un endroit donné est largement déterminé par la circulation atmosphérique et la formation de systèmes météorologiques à grande échelle. Étant donné la nature chaotique de l'atmosphère, la capacité de prévision décroît avec le temps et s'avère très faible à partir de quelques semaines. Par ailleurs, le climat constitue une moyenne des conditions météorologiques et sa variabilité est prévisible. Elle est déterminée par certains facteurs, comme le rayonnement solaire (qui varie avec la latitude et la saison), les caractéristiques dominantes de la couverture nuageuse, des aérosols et d'autres éléments de l'atmosphère qui influent sur la pénétration de l'énergie solaire dans l'atmosphère et sa perte sous forme de chaleur, les vents dominants et d'autres conditions atmosphériques et les conditions géophysiques locales qui, généralement, évoluent lentement et d'une façon plus prévisible. Par conséquent, bien que les prévisionnistes soient incapables de prévoir le temps qu'il fera un jour donné dans six mois, ils peuvent obtenir de bonnes approximations des variations des climats saisonniers à cause des processus physiques connus

à l'origine des conditions qui provoquent le passage de l'hiver à l'été, etc. Ils peuvent aussi estimer la variation de la probabilité de divers types d'événements météorologiques, notamment les températures minimales sous zéro, les températures maximales supérieures à 30 °C, les blizzards ou les orages. De même, les modèles climatiques dont la portée dans le futur est beaucoup plus grande prévoient la façon dont les caractéristiques du climat, dont la moyenne est faite sur plusieurs décennies, pourraient changer en fonction des variations prévues des facteurs à l'origine du climat.

D.6 La comparaison des observations du climat et des valeurs prévues par les modèles informatiques n'indique-t-elle pas que ces derniers exagèrent le réchauffement planétaire?

Réponse : Non. Comme on peut le voir dans la figure C.3, les simulations par modèle réalisées ces dernières années, qui tiennent compte de tous les facteurs clés ayant influé sur le climat au cours du dernier siècle, font état d'une bonne correspondance avec les observations. Rien n'indique donc que les prévisions d'un réchauffement planétaire soient biaisées dans un sens ou dans l'autre.

Explication : Il y a une décennie, lorsque la plupart des modèles ne tenaient compte que des effets climatiques de l'augmentation des concentrations des gaz à effet de serre, les taux de réchauffement simulés pour le dernier siècle étaient souvent supérieurs aux valeurs observées. Mais les essais plus récents qui tenaient compte des effets plus complexes d'autres activités humaines (notamment l'émission d'aérosols et l'amincissement de la couche d'ozone stratosphérique) et de facteurs naturels (variations solaires et aérosols volcaniques) ont permis d'obtenir des simulations des tendances des températures à long terme qui correspondaient bien aux observations. Cela porte à croire que les modèles n'exagèrent pas la sensibilité du climat aux influences humaines.

D.7 Des estimations du réchauffement planétaire au XXIe siècle faites antérieurement par le GIEC prévoyaient une augmentation de 1,0 °C à 3,5 °C. On note, dans le troisième rapport d'évaluation du GIEC, que la gamme de ces valeurs s'est élargie à de 1,4 °C à 5,8 °C. Si les modèles de prévision du climat planétaire sont plus perfectionnés qu'avant, comment se fait-il qu'il y ait une plus grande incertitude entourant les données scientifiques?

Réponse : L'élargissement de la gamme des valeurs estimées présentée dans la dernière évaluation du GIEC s'explique surtout par l'utilisation de nouveaux scénarios d'émissions pour les gaz à effet de serre et les aérosols. Ces scénarios proposent une plus large gamme pour les émissions d'origine humaine comparativement aux scénarios antérieurs. La plus grande gamme de températures prévues s'explique donc surtout par des facteurs démographiques et non par une plus grande incertitude des données scientifiques.

Explication : Pour la première évaluation du GIEC, les experts ont surtout utilisé des modèles du climat à l'équilibre qui prévoyaient, une fois le système climatique pleinement ajusté à un monde où la teneur en CO_2 était le double de celle d'aujourd'hui, une température moyenne en surface de 1,5 à 4,5 °C supérieure à la valeur actuelle. Bien qu'ils aient aussi présenté certains résultats préliminaires de modèles climatiques jumelés avec forçage par scénarios d'un maintien hypothétique du statu quo, les résultats ne reflétaient pas toute la gamme des incertitudes liées aux futurs taux d'émissions. Pour la deuxième évaluation, une série de six scénarios de maintien du statu quo (scénarios IS92) a été utilisée

pour se rapprocher de la gamme des émissions résultant des activités humaines jusqu'en l'an 2100 et il a été tenu compte des effets de refroidissement de concentrations accrues d'aérosols sulfatés dans les simulations. Les résultats obtenus indiquent une gamme possible de réchauffement en 2100 de 1,0 à 3,5 °C. Pour la troisième évaluation, achevée en 2001, une nouvelle série de scénarios d'émissions (SRES) que l'on croyait plus représentative de la gamme des prochaines activités humaines, en l'absence de politiques spécifiques de réduction des risques d'un changement climatique, a été utilisée pour les prévisions. Par rapport aux scénarios IS92, les nouveaux scénarios comportaient une gamme d'émissions légèrement plus étendue pour la période 1990–2100. Ils réduisaient aussi l'importance des effets contraires des aérosols utilisés pour les scénarios IS92 en supposant que la pollution atmosphérique locale forcerait les pays à prendre des mesures pour lutter contre les émissions d'aérosols. Ces modifications des scénarios d'émissions expliquent en grande partie l'étalement de la gamme des prévisions du changement climatique de la troisième évaluation et reflètent donc une plus grande incertitude quant aux comportements des humains, et non des modèles climatiques. En réalité, la gamme des incertitudes scientifiques des prévisions de modélisation climatique n'a pas changé de façon appréciable en ce qui concerne la réaction du climat à divers scénarios d'émissions particuliers. Les modèles perfectionnés ont bénéficié de l'amélioration appréciable des connaissances du système climatique, mais il demeure très difficile d'intégrer avec exactitude certains aspects du système dans les modèles, qui demeurent limités par la puissance des ordinateurs.

D.8 Pourquoi les estimations de l'élévation du niveau de la mer données par les divers scénarios du réchauffement planétaire sont-elles réduites à mesure que de nouveaux résultats de recherche sont obtenus?

Réponse : Les estimations légèrement inférieures du niveau de la mer en 2100 des dernières évaluations du GIEC s'expliquent de deux façons. Tout d'abord, les effets compensateurs des aérosols sur le réchauffement climatique et, par conséquent, sur l'accroissement du niveau de la mer n'avaient pas été pris en compte dans le rapport de la première évaluation, mais l'ont été pour les deuxième et troisième. Deuxièmement, de meilleures connaissances de la réaction des océans et des glaciers à un climat plus chaud portent à croire que le taux d'absorption de la chaleur par ces systèmes à partir de l'atmosphère puisse être inférieur à celui qui avait été antérieurement prévu. Ces nouvelles données ont révisé à la baisse l'augmentation prévue du niveau de la mer au cours du prochain siècle, mais ne modifient pas de façon appréciable l'évolution totale à long terme du niveau de la mer découlant de l'influence humaine sur le climat au cours des siècles suivants.

Explication : La gamme des estimations de l'élévation du niveau de la mer due au réchauffement planétaire demeure étendue. Dans le premier rapport d'évaluation du GIEC (1990), la gamme de l'élévation du niveau de la mer en 2100 s'étendait de 30 à 100 cm. Dans son deuxième rapport, le GIEC l'a réduit à de 15 à 95 cm surtout à cause de l'inclusion des effets contraires des aérosols sur la vitesse du changement climatique en surface. La gamme a été légèrement révisée à de 9 à 88 cm dans la troisième évaluation, en 2001, à cause de meilleures estimations de l'inertie des océans et des glaciers. La plus grande incertitude de ces estimations a trait au rôle des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique. Le volume de la calotte du Groenland semble actuellement diminuer, ce qui constitue une source d'eau favorisant l'élévation du niveau de la mer. On prévoit que ce phénomène se poursuivra, mais l'augmentation du niveau de la mer est très sensible à la variation des précipitations, à la fonte de la glace et à la dynamique des calottes. À l'opposé, les plates-formes de glaces flottantes bordant la péninsule antarctique semblent se désintégrer, mais la

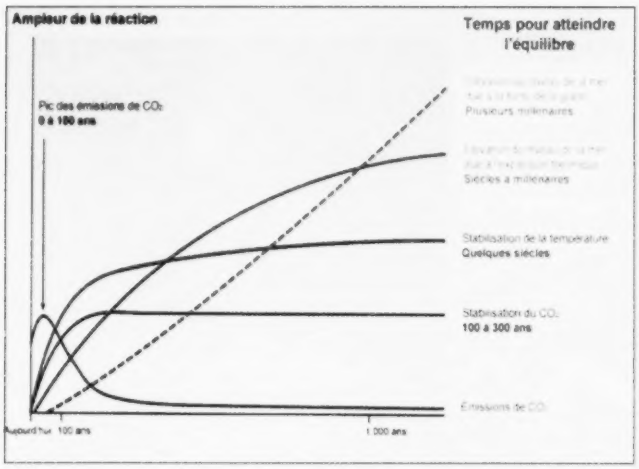


FIGURE D.8
Même si les concentrations atmosphériques de gaz à effets de serre se stabilisent à la fin du XXIe siècle, le niveau de la mer continuera de s'élever pendant les siècles suivants. Cela s'explique par la lente réaction des océans et des glaciers aux variations de la température de l'atmosphère (Rapport de synthèse 2001 du GIEC, p. 89).

calotte glaciaire de l'Antarctique pourrait lentement augmenter du fait d'un climat plus humide. Les effets combinés de l'évolution des calottes glaciaires semblent cependant avoir une incidence secondaire sur le taux d'élévation du niveau de la mer comparativement aux effets de l'expansion thermique directe des océans et de la fonte des glaciers de la zone tempérée à mesure que ceux-ci se réchauffent. Les océans et les glaciers réagissant très lentement aux variations du climat, le niveau de la mer continuera de s'élever pendant des siècles après la stabilisation des conditions climatiques de surface. La menace d'inondations catastrophiques continuera donc de planer sur les États côtiers et insulaires.

E Incidences planétaires du changement climatique

E.1 La température de la planète ne s'est élevée que de 0,6 °C au cours des 100 dernières années. Cette variation est de beaucoup inférieure aux variations interannuelles. Pourquoi faudrait-il alors s'en préoccuper?

Réponse : La variabilité naturelle du climat peut être source d'écarts importants d'une année et d'une région à l'autre. Le réchauffement de 0,6 °C est une tendance à long terme de la moyenne planétaire de toutes ces variations dans l'espace et le temps. Ce réchauffement moyen est supérieur à tout changement décelé, du moins au cours des 1 000 dernières années. En comparaison, il n'a fallu qu'un réchauffement de 5 °C environ pour que la Terre passe lentement de la dernière époque glaciaire, il y a 15 000 ans environ lorsque d'importantes masses de glace couvraient ce qui est maintenant le Canada, aux conditions actuelles.

Explication : La variabilité naturelle du climat peut faire qu'une région du globe se réchauffe de plusieurs degrés par rapport à l'année précédente tandis que d'autres se refroidissent d'autant. Mais si l'on établit la variabilité moyenne à l'échelle planétaire, on note une variabilité spatiale beaucoup moindre. De même, la moyenne des conditions météorologiques faite pour un grand nombre d'années a aussi pour effet de réduire cette variabilité interannuelle du climat. L'allure de la température du globe indique une variation à long terme de ces conditions planétaires moyennes. Le réchauffement de 0,6 °C observé au cours du dernier siècle fait du XXe siècle le plus chaud des 1 000 dernières années, du moins dans l'hémisphère Nord (les données actuelles ne permettent pas d'établir de telles comparaisons pour l'hémisphère Sud). En comparaison, l'écart de température entre le dernier maximum glaciaire, il y a 15 000 ans environ, et la température actuelle est de l'ordre de 4 à 6 °C. Cette augmentation a provoqué la transformation du paysage canadien qui est passé d'une immense nappe glaciaire de plusieurs kilomètres d'épaisseur à la mosaïque d'écosystèmes productifs actuels (GIEC, RSTE, chap. 3).

E.2 Quelles pourraient être les conséquences d'un réchauffement de quelques degrés?

Réponse : Un changement climatique de cette envergure affecterait de façon importante les conditions météorologiques mondiales qui différeraient de celles que nous connaissons actuellement. Certains de ces changements seraient irréversibles. Les écosystèmes et les sociétés humaines se sont adaptés aux conditions climatiques qui prévalent actuellement ou qui existaient dans un passé récent et ne pourraient s'adapter à des variations trop rapides. Dans bon nombre de pays en développement, cela aurait des effets très dévastateurs sur le mode de vie notamment en ce qui a trait aux lieux habités, à la nourriture, à l'eau de consommation et à l'état de santé. Une fréquence accrue d'épisodes météorologiques rigoureux accroîtrait le risque de catastrophes dans tous les pays.

Explication : Les écosystèmes s'adaptent lentement aux changements des conditions moyennes et à la variabilité du climat. Un grand nombre d'espèces, notamment la plupart des arbres, ne peuvent réagir que très lentement. D'autres ont des niches climatiques spécifiques qui pourraient disparaître les rendant vulnérables à l'extinction. De même, l'infrastructure socioéconomique et la culture des sociétés humaines sont étroitement adaptées au climat dans lequel elles ont évolué et il leur serait difficile de s'adapter rapidement à un changement brusque du climat, qui augmenterait les risques de catastrophes

économiques. Les experts prévoient aussi des épisodes météorologiques extrêmes plus longs et plus fréquents, comme de fortes pluies, des sécheresses, des inondations et des tempêtes importantes dont les effets sur les humains et les écosystèmes naturels pourraient être appréciables (p. ex., des vagues de chaleur plus longues et plus fréquentes pourraient accroître le nombre de décès par stress de chaleur). Les variations régionales du rendement et de la productivité des cultures dues au changement climatique auraient pour effet d'accroître les possibilités de famine, notamment dans les régions tropicales et subtropicales arides et semi-arides. Le réchauffement planétaire devrait aussi accroître les possibilités de propagation de maladies infectieuses, comme la malaria, la dengue et la fièvre jaune, de par l'expansion de l'aire favorable à la survie des vecteurs de ces maladies.

E.3 Quelles seraient les conséquences pour le niveau des mers de la planète?

Réponse : Les experts prévoient que le niveau moyen de la mer à l'échelle du globe s'élèvera de 9 à 88 centimètres d'ici 2100. Cette augmentation s'explique surtout par les effets réunis de la fonte des glaciers et du gonflement de l'eau de mer à mesure qu'elle se réchauffe.

Explication : L'eau de mer se gonfle à mesure que les océans se réchauffent. Ce seul phénomène pourrait donner lieu à une élévation du niveau de la mer de 10 à 40 cm d'ici 2100, tout dépendant de la vitesse de pénétration de la chaleur dans les océans. En outre, les glaciers de montagne du monde entier devraient continuer à fondre, ce qui ajouterait de 5 à 15 cm d'eau supplémentaire, leur eau se retrouvant dans la mer. Enfin, la lente variation de l'épaisseur et de l'étendue des calottes polaires devrait influer sur le niveau de la mer. Les experts estiment que la combinaison de ces facteurs donnerait lieu à une augmentation du niveau de la mer de 9 à 88 cm d'ici 2100 et le niveau continuerait de s'élever pendant des siècles, ces trois phénomènes continuant d'être influencés par l'air plus chaud de la planète et la variation des régimes des précipitations.

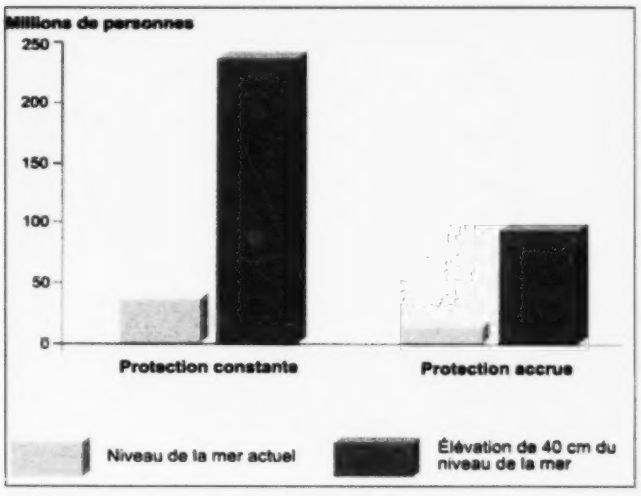


FIGURE E.3
L'adaptation aux risques d'une élévation du niveau de la mer peut réduire à son tour de 50 % environ les risques connexes à une élévation du niveau de 40 cm, mais un grand nombre de personnes seraient quand même affectées. Les barres indiquent le nombre de personnes supplémentaires qui subiraient une inondation par ondes de tempête en 2080, cela avec ou sans l'élévation prévue du niveau de la mer (GIEC 2001, Rapport de synthèse, p. 77).Référence : GIEC, 2001, GTI, chapitre 11; GIEC, 2001, GTII, page 363; McCulloch et al., 2001.

On compte actuellement 46 millions de personnes environ pouvant être affectées par des inondations dans les basses terres côtières, où l'on retrouve de 50 à 70 % de la population mondiale. Une élévation de 40 centimètres du niveau de la mer ferait passer à 200 millions le nombre de personnes habitant des terres pouvant faire l'objet d'inondations importantes ou permanentes, cela après que la croissance prévue de la population a été prise en compte dans les prévisions. Des mesures d'adaptation, comme la construction ou l'amélioration de murs de protection ou de digues, permettraient de réduire les incidences, mais de telles mesures seraient coûteuses. On estime que la protection des côtes américaines coûterait entre 20 et 150 milliards de dollars américains. En dépit de cela, 80 millions de personnes seraient toujours vulnérables aux inondations par ondes de tempête.

Les côtes canadiennes sont relativement accidentées et donc moins vulnérables à une élévation du niveau de la mer comparativement à celles de bon nombre d'autres pays, mais certaines côtes sont basses ou friables et donc sensibles à l'érosion. Ainsi, des études portant sur l'Î.-P.-É. montrent que les niveaux d'inondation dans la région de Charlottetown, qui sont généralement atteints une fois par siècle, pourraient l'être à chaque décennie d'ici la fin du siècle et que jusqu'à 50 % des propriétés côtières actuelles pourraient être perdues d'ici 2100.

E.4 Il semble y avoir une récente tendance à la hausse de la fréquence et de l'intensité des catastrophes provoquées par des conditions météorologiques extrêmes. Cela est-il lié aux changements climatiques?

Réponse : Il est très difficile d'établir des tendances pour ce genre de catastrophes ou d'attribuer les catastrophes récentes à des causes particulières. L'augmentation des catastrophes observée dans certaines parties du monde ces dernières années pourrait ne pas être réelle ou être entièrement naturelle. Certaines études indiquent cependant que la fréquence et la sévérité de nombreux types d'épisodes météorologiques extrêmes à l'origine de catastrophes se modifieront à mesure que le climat se réchauffera. Par conséquent, bon nombre de ces catastrophes peuvent être perçues comme des exemples de ce qui arrivera plus fréquemment à l'avenir à mesure que le climat planétaire continuera de se réchauffer.

Explication : Une catastrophe d'origine climatique peut survenir lorsque la société ou les écosystèmes ne sont pas en mesure de réagir efficacement à un événement météorologique extrême. Le caractère extrême de l'événement et la sensibilité des écosystèmes ou de la société sont deux éléments de la catastrophe. La hausse extrêmement importante des dommages notée ces dernières années après de telles catastrophes peut donc s'expliquer, du moins en partie, par des facteurs démographiques, notamment un accroissement de la population dans des régions vulnérables et par une plus grande consommation des ressources. Par ailleurs, il semble y avoir eu augmentation de divers types d'épisodes météorologiques extrêmes, du moins dans certaines régions du monde. Mais comme ces épisodes sont, par définition, peu fréquents et irréguliers, il est difficile d'établir des liens avec des causes planétaires. En outre, peu de ces événements sont sans précédent historique et, si l'on fait exception des dernières décennies, les registres historiques ne sont pas très exacts. Il faut cependant noter, qu'à bien des égards, la tendance à des extrêmes plus intenses et inhabituels pour certains types d'événements météorologiques et climatiques dans certaines régions au cours des dernières années est largement semblable à celle prévue par les modèles climatiques et les études connexes. Par conséquent, bien qu'il n'y ait aucune preuve scientifique solide permettant de lier cette tendance récente au changement climatique, beaucoup de ces événements peuvent être perçus comme des exemples de ce qui pourrait arriver plus fréquemment à l'avenir.

E.5 Pourquoi le réchauffement planétaire donnerait-il lieu à des événements météorologiques plus fréquents et plus extrêmes?

Réponse : Une température plus élevée se traduit par des taux d'évaporation et de précipitation plus importants, des vagues de chaleur plus fréquentes, des extrêmes de froid moins fréquents et, de façon générale, nécessite une plus forte demande d'énergie pour les tempêtes et d'autres phénomènes très intenses. Les modèles peuvent fournir des indices utiles quant à l'orientation et à l'ampleur de ces changements, mais les processus sont complexes et il est difficile de prévoir avec exactitude les variations des extrêmes à l'aide des modèles actuels.

Explication : La plupart des événements extrêmes sont des réponses complexes à divers facteurs de sorte que leur réaction à des climats plus chauds est difficile à évaluer. Les experts prévoient que les extrêmes de températures élevées seront plus fréquents, que ceux des températures froides le seront moins et que plus de précipitations tomberont en des périodes plus courtes à mesure que la terre se réchauffera. Cela devrait accroître la fréquence des fortes précipitations très intenses de même que celle des inondations locales. Il y aura aussi, dans certaines régions, une augmentation des tornades et des orages intenses et de leurs phénomènes associés qui sont le vent et la grêle. On prévoit aussi que plusieurs régions du monde subiront des sécheresses plus fréquentes, plus longues ou plus sévères à cause de l'évaporation rapide de l'eau des plantes, des sols, des lacs et des réservoirs. Une humidité atmosphérique accrue pourrait aussi se traduire par une augmentation de l'intensité et de la fréquence des blizzards et des tempêtes de neige dans certaines zones plus froides, mais par une diminution de leur fréquence et une augmentation de leur intensité dans les zones plus tempérées. Le changement climatique aura donc pour effet de « fausser le jeu » en ce qui touche la probabilité de tels événements. Les avis diffèrent encore passablement en ce qui touche la façon dont le réchauffement planétaire influera sur d'autres événements météorologiques extrêmes, comme les tempêtes tropicales, les cyclones et les typhons, bien que l'on prévoie une augmentation de l'intensité maximale possible de ces tempêtes.

E.6 Les scientifiques sont-ils en mesure de démontrer que les événements météorologiques extrêmes observés récemment s'expliquent par le réchauffement planétaire?

Réponse : Non. Bien que par définition ces événements ne se produisent que très rarement, la plupart des événements récents se sont sans doute déjà produits. Leur complexité fait aussi qu'il demeure difficile d'évaluer la probabilité naturelle d'occurrence de bon nombre d'entre eux. Mais, à bien des égards, beaucoup des événements récents correspondent à ce que l'on peut s'attendre à l'avenir et pourraient avoir déjà été influencés par les climats plus chauds. Du moins, ils constituent un bon rappel de ce qui pourra arriver plus fréquemment à l'avenir.

Explication : Ces événements extrêmes pourraient tout simplement s'expliquer par les variations naturelles du climat. Bien que les inondations, les vagues de chaleur, les El Niño prononcés et d'autres épisodes extrêmes devraient être plus fréquents à mesure que la planète se réchauffe, il est difficile d'expliquer avec certitude un événement climatique ou météorologique particulier par le réchauffement planétaire ou toute autre cause naturelle ou humaine. Il ne faut pas par ailleurs négliger l'importance du changement climatique. Cela s'explique en partie par le fait que les données sur les conditions climatiques extrêmes de bon nombre de régions du monde ne permettent pas de tirer des conclusions fiables quant aux variations possibles de leur fréquence ou de leur intensité à l'échelle du globe. En outre, la relation entre la fréquence d'événements extrêmes et le réchauffement planétaire ne peut être déterminée que par analyse statistique de données à long terme, car le système climatique

naturel peut donner lieu à des événements météorologiques ou climatiques qui semblent non typiques du climat récent.

E.7 Le réchauffement planétaire sera-t-il graduel ou rapide?

Réponse : Les études par modélisation climatique portent à croire que la réaction du climat aux influences humaines sera graduelle. Les faits montrent cependant que le climat de la Terre a déjà, dans un passé lointain, changé de façon abrupte, surtout durant les périodes glaciaires ou de changement climatique. Bien qu'improbables, de tels changements soudains ne peuvent être exclus.

Explication : Les données paléoclimatiques montrent clairement que le système climatique a subi des variations soudaines et d'une grande ampleur durant le dernier maximum glaciaire et de la déglaciation qui s'est produite au cours de la période des 10 000 à 15 000 ans passés. Cela semble se produire lorsque le système climatique est instable et l'on a noté des variations régionales de la température au Groenland pouvant atteindre 10 °C en quelques décennies. De telles transitions climatiques soudaines semblent aussi s'être produites dans d'autres régions du globe, mais elles n'ont pas été observées au cours des 10 000 dernières années du climat stable de l'holocène. Certains scientifiques se sont cependant inquiétés du fait qu'une variation climatique rapide découlant d'activités humaines pourrait rendre le système instable et déclencher à nouveau de tels phénomènes. Bien que cela s'avère peu probable, du moins pour le prochain siècle, cette possibilité ne peut être exclue. Le risque semble s'accroître avec l'augmentation de la vitesse de changement et les conséquences éventuelles pourraient être catastrophiques étant donné le peu de possibilités d'adaptation.

Référence : GIEC, 2001, Rapport de synthèse, pages 80 à 86; GIEC, 2001, GTI, chapitres 1, 7, 9 et 11.

E.8 On dit que l'épisode El Niño de 1997–1998 pourrait avoir été l'un des plus intenses du siècle et il n'est survenu que 15 ans après un autre épisode intense. Le changement climatique provoque-t-il des El Niño plus prononcés?

Réponse : Plusieurs études récentes montrent que les El Niño des deux dernières décennies ont été très atypiques si on les compare aux données historiques et qu'un climat plus chaud

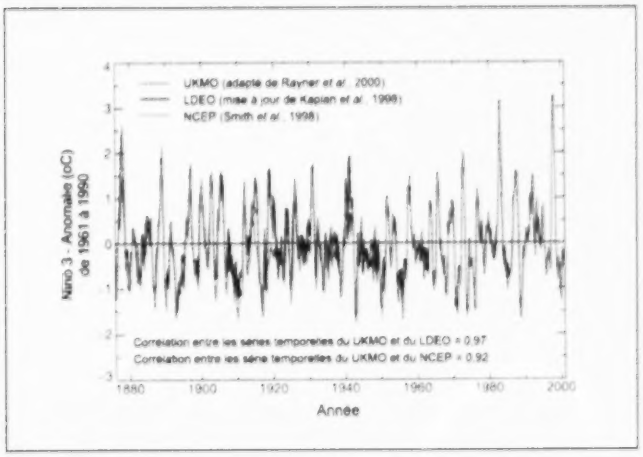


FIGURE E.8
Tendances des températures de la surface de la mer du Pacifique tropical oriental depuis 1900. Ces températures constituent un indice des épisodes El Niño et La Niña et portent à croire que les El Niño sont devenus plus intenses et plus fréquents au cours des deux dernières décennies (GIEC, 2001, GTI, p. 151).

pourrait bien accroître l'intensité des phénomènes de ce genre. Une telle relation demeure cependant assez hypothétique et il faudra disposer de plus de données et réaliser des analyses pour en prouver l'existence et en connaître les mécanismes.

Explication : Diverses études indiquent que l'oscillation australe El Niño (ENSO) a été très atypique depuis 1976 et serait peut-être sans précédent, du moins depuis les derniers siècles. Certains modèles climatiques des effets d'un climat plus chaud sur le ENSO portent à croire que des eaux de surface plus chaudes dans l'océan Pacifique pourraient donner lieu à des phénomènes de type El Niño plus prononcés jusqu'à l'apparition d'un nouvel équilibre du climat océanique (plusieurs siècles après la fin du réchauffement des eaux de surface). D'autres études font cependant état de peu de changements. Par ailleurs, des modélisations à long terme de la variabilité naturelle et des études du paléoclimat montrent que l'amplitude des El Niño peut varier de façon appréciable d'un siècle à l'autre. Les recherches réalisées jusqu'à maintenant ne permettent donc pas d'établir de liens fiables entre l'allure récente des El Niño et le changement climatique.

F Incidences au Canada du changement climatique

F.1 Est-il possible qu'un climat plus chaud nous serait très favorable?

Réponse : Pour les pays froids, comme le Canada, le changement climatique pourrait avoir des avantages appréciables, comme la réduction des coûts de chauffage et une saison de croissance plus longue et plus chaude. Si l'on faisait la moyenne sur l'ensemble du pays, ces avantages pourraient annuler une partie ou l'ensemble des effets nocifs du changement climatique à la condition que la vitesse et l'ampleur du changement soient modérées. Mais si le changement climatique est rapide ou important, les risques augmentent de façon notable et l'effet global sur un pays comme le Canada serait de plus en plus défavorable. En effet, il est plus difficile de s'adapter à un changement important ou rapide. En outre, d'importants effets nuisibles sont prévus pour un grand nombre de pays en développement, même à la suite de changements climatiques de peu d'envergure. Ces incidences à l'étranger pourraient avoir des conséquences défavorables indirectes, mais appréciables, pour les Canadiens.

Explication : Un climat plus chaud serait avantageux pour certains secteurs de l'économie ou de la société et pour certaines régions du monde. Ainsi, des saisons de croissance plus longues et plus chaudes accroîtraient la productivité des cultures de même que celle de bon nombre d'écosystèmes naturels des pays nordiques si la quantité d'eau était suffisante. De même, des hivers moins froids permettraient de réduire les coûts de chauffage et faciliteraient la navigation dans les eaux couvertes de glaces. Le changement climatique pourrait aussi offrir d'importantes occasions d'expansion dans de nouveaux secteurs de la technologie et des services de l'environnement et permettre d'accroître les exportations et de créer des emplois. La plus grande partie de ces avantages découle de la modification des températures moyennes.

Par ailleurs, on s'attend à ce que d'autres conséquences du changement climatique soient très nuisibles. On compte, parmi celles-ci, les effets combinés de l'élévation du niveau de la mer et des ondes de tempête océaniques qui peuvent s'avérer dévastateurs des points de vue économique et écologique et causer d'importantes pertes de vies dans certaines parties du monde, notamment dans les deltas de faible élévation et les petits États insulaires; un accroissement de la sécheresse qui menace de famine d'importantes populations de certaines régions du monde, surtout dans de nombreux pays en développement; une augmentation de l'intensité des pluies d'été et des fortes inondations et phénomènes d'érosion qui en

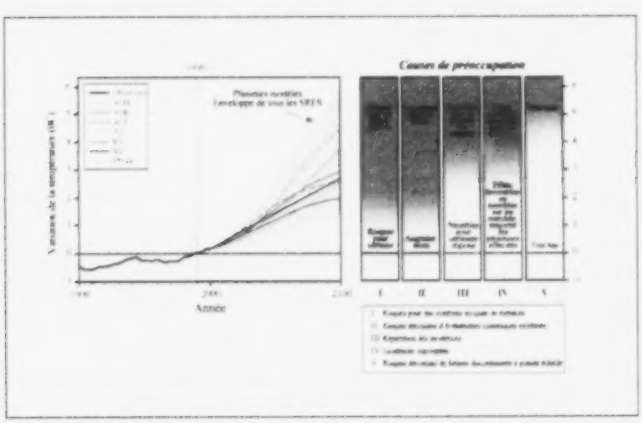


FIGURE F.1
Un faible réchauffement pourrait être relativement avantageux pour certaines régions, mais une augmentation de la température planétaire de plus de 2 ou 3 °C pourrait accroître les risques d'événements extrêmes et causer de pertes pour tous les secteurs et la plupart des régions. Le réchauffement récemment observé a déjà influé sur les écosystèmes de certaines régions, dont l'Arctique. (GIEC, 2001, Résumé à l'intention des décideurs du GTII, p. 5).

découlent, parfois dans les mêmes régions qui subissent la sécheresse, et une augmentation de la fréquence des extrêmes de températures élevées et des stress connexes pour les écosystèmes et les populations humaines.

Plus le changement climatique sera rapide, plus il sera difficile d'en tirer avantage et plus les événements extrêmes et d'autres modifications nuisibles seront sources de dangers. L'inquiétude ne vient donc pas du changement climatique en tant que tel, mais de la possibilité que la vitesse et l'ampleur du changement dépassent les seuils de tolérance des humains et des écosystèmes.

Même si les effets directs du changement climatique étaient, en moyenne, avantageux pour les Canadiens, les catastrophes qui se produiraient ailleurs pourraient être sources d'importantes préoccupations (p. ex., sécurité internationale, réfugiés environnementaux et aide aux pays sinistrés).

Référence : GIEC – 2001, GTII, chapitre 19

5.2 J'ai entendu dire que, d'ici 50 ans, l'élévation des températures permettrait à Halifax d'avoir un climat comme celui de Boston actuellement, à Toronto comme celui du Kentucky et à Vancouver comme celui de San Francisco. Faut-il s'en plaindre?

Réponse : Les écosystèmes, la culture et les infrastructures socioéconomiques du Canada ont été modelés par le climat actuel ou celui qui prévalait dans un passé récent. Ainsi, les égouts pluviaux et les réseaux d'évacuation des eaux des villes canadiennes sont conçus en fonction des précipitations locales et les édifices résidentiels et commerciaux en fonction d'un climat allant de tempéré à froid. La modification de telles infrastructures en fonction d'un climat plus chaud et des conditions météorologiques connexes pourrait s'avérer très coûteuse. Dans le contexte d'un changement climatique rapide, le processus d'adaptation devient de plus en plus difficile, sinon impossible, et il y a risque de catastrophes importantes. Cela vaut aussi pour l'environnement naturel.

Explication : La création des infrastructures des villes canadiennes, des réseaux de transport et d'autres biens ou activités d'ordre social ou économique a été fortement dépendante des conditions climatiques locales qui prévalaient alors. Ainsi, la plupart des installations et des activités de sports d'hiver de la majorité des régions canadiennes dépendent de la présence de neige et de glace. Les égouts pluviaux et les réseaux d'évacuation des eaux des villes canadiennes ont été conçus en fonction, notamment, du régime des précipitations et les édifices résidentiels et commerciaux l'on été en fonction d'un climat allant de tempéré à froid. De même, l'agriculture, la gestion des ressources en eau et les infrastructures de régularisation des crues sont fonction de la saison de croissance et des caractéristiques des ressources hydriques. Pour bon nombre de ces structures et activités, l'adaptation à un changement climatique suppose un long temps d'exécution. Par conséquent, plus le changement est rapide, plus les problèmes d'adaptation des infrastructures culturelles, sociales et économiques aux nouvelles conditions climatiques sont grands et plus le risque d'un échec de l'adaptation, et de ses conséquences néfastes, est important.

F.3 **Selon certains rapports, plusieurs des plus importants changements dus au réchauffement planétaire se produiront dans des pays nordiques, comme le Canada. Est-ce que cela signifie que nous serons plus touchés que les pays situés à proximité de l'équateur?**

Réponse : Non. Selon les modèles climatiques, les changements de température seront probablement les plus importants sous les latitudes élevées et pendant l'hiver. Par conséquent, l'ampleur du changement climatique au Canada sera sans doute plus importante que dans beaucoup d'autres pays, mais comme le climat canadien varie déjà beaucoup d'une semaine, saison ou année à l'autre, les Canadiens pourraient être mieux préparés pour affronter la variabilité et le changement climatiques. De plus, des températures plus chaudes nous permettraient de tirer certains avantages et de compenser certains des effets nuisibles. Nous pourrions donc être moins vulnérables au changement climatique que bon nombre de pays tropicaux pauvres.

Explication : Les modèles indiquent que la variation des températures en réaction au réchauffement planétaire sera la plus importante aux latitudes continentales élevées et pendant l'hiver. Les fluctuations climatiques naturelles sont cependant aussi les plus importantes dans ces régions et en hiver. Par conséquent, les écosystèmes et les sociétés qui se sont développés dans ces régions sont, de façon générale, plus en mesure de tolérer le changement et pourraient être plus aptes à s'adapter aux importants changements prévus pour les prochaines décennies. En outre, alors que le froid est un facteur limitant pour de nombreux écosystèmes et activités socioéconomiques au Canada, une hausse de la température présenterait de nombreux avantages. Enfin, le Canada est un pays relativement riche disposant d'une infrastructure sociale lui permettant de s'adapter plus facilement. Au contraire, les sociétés de nombreux pays en développement se trouvant sous de basses latitudes souffrent de précarité et n'ont pas accès aux mêmes ressources. Cela peut les rendre plus vulnérables même à de très petits changements climatiques. Par conséquent, bien que les importants changements pouvant affecter le Canada prévus par les modèles puissent avoir des incidences appréciables, dont de nombreuses seront néfastes, les Canadiens pourraient être moins vulnérables au changement climatique que les résidents de bon nombre de pays en développement.

G Crédibilité scientifique et réactions humaines – généralités

G.1 De semaine en semaine, les médias présentent des vues très variables sur l'importance du changement climatique. Est-ce que les scientifiques spécialistes du changement climatique changent constamment d'idée?

Réponse : Non. La vaste majorité des scientifiques spécialistes du changement climatique croient que les raisons de s'inquiéter sont justifiées sur le plan scientifique. Les médias ont souvent tendance à relever les éléments scientifiques les plus controversés portant sur des points de détail et à s'adresser aux scientifiques dont les vues sont les plus dissidentes. Ils omettent aussi fréquemment de présenter les nouveaux éléments dans le contexte de l'importante masse de connaissances actuelles, ignorant ainsi le large consensus des spécialistes sur les principes et processus fondamentaux du phénomène. Ces informations ne constituent donc pas une bonne représentation des connaissances acquises par les spécialistes.

Explication : Chaque année, plusieurs milliers de communications scientifiques sur le changement climatique sont publiées dans la documentation spécialisée après examen par les pairs. Chaque publication constitue une petite contribution à la somme importante de connaissances existant déjà. Le système climatique planétaire est très complexe de sorte que ces publications traitent de disciplines scientifiques très diverses et sont axées sur une large gamme de processus et de causes probables du changement climatique. Certains de ces processus ont des effets contraires qui minimisent la réaction initiale du climat tandis que d'autres ont des effets positifs qui l'accélèrent. Certaines causes du changement, naturelles ou humaines, ont pour effet de refroidir le climat tandis que d'autres le réchauffent. Les médias ont tendance à s'intéresser aux communications, peu nombreuses, dans lesquelles on présente des résultats saisissants ou controversés. Les déclarations des scientifiques dont le point de vue est antagoniste peuvent donc faire l'objet de plus d'attention de la part des médias que celles de la majorité des scientifiques dont les travaux concordent généralement en avec l'ensemble des connaissances scientifiques, mais qui présentent moins d'intérêt pour l'auditoire. En outre, l'essentiel de la controverse soulevée par les médias se limite à des points de détail de la science du changement climatique, et comme la plus grande partie des connaissances scientifiques repose sur des données beaucoup moins controversées, ces informations sont souvent passées sous silence. Un bon résumé de cette information de base est présenté dans le rapport de synthèse de la troisième évaluation du GIEC publié en 2002 et que l'on peut consulter sur le site Web de l'organisme à www.ipcc.ch.

G.2 Qui recommande une intervention internationale immédiate pour réduire les risques d'un changement climatique? Les scientifiques des gouvernements ou ceux du milieu universitaire?

Réponse : Les deux. Les évaluations scientifiques les plus détaillées du changement climatique ont été effectuées sous les auspices du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) qui a été créé conjointement par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et l'Organisation météorologique mondiale. Les rapports du GIEC sont désormais les documents scientifiques de base pour la prise de décisions visant la réduction des émissions. Les rapports du GIEC sont fondés sur les travaux menés en collaboration par un très grand nombre d'experts scientifiques de nombreux pays et de diverses disciplines. Ces experts sont répartis à peu près également entre le milieu universitaire et les organismes de recherche gouvernementaux.

Explication : La préparation et l'examen par les pairs des évaluations détaillées du GIEC sont réalisés par des experts internationaux reconnus qui œuvrent dans le milieu universitaire ou dans des laboratoires de recherche gouvernementaux. Les résultats sont fondés sur des synthèses détaillées de communications ayant fait l'objet d'un examen par les pairs et d'une publication dans des revues scientifiques. Ainsi, dans le cas du rapport du Groupe de travail I du GIEC sur les fondements scientifiques réalisé en 2001, plus de 635 scientifiques de 40 pays ont participé à la préparation du texte qui a été communiqué à 420 scientifiques pour examen. De même, les chiffres équivalents pour le rapport du Groupe de travail II sont de 426 pour les auteurs, de 70 pays différents, et de 440 pour l'examen. Ces experts sont rattachés à une large gamme d'organisations gouvernementales, universitaires ou autres. Les chapitres des rapports d'évaluation détaillés sont acceptés par le GIEC sans y apporter d'autres modifications et demeurent la responsabilité de leurs auteurs, non du GIEC.

Les résumés du GIEC sont élaborés conjointement par les experts responsables ayant participé à l'évaluation et par le personnel du secrétariat du GIEC avant d'être approuvés, ligne par ligne, par les hauts fonctionnaires qui participent aux séances plénières du GIEC. Toute modification apportée au texte pendant le processus d'approbation doit aussi être acceptée par les auteurs. Dans son rapport au président américain Bush, un groupe d'experts du National Academy of Sciences des États-Unis faisait valoir, en 2000, que le rapport complet du Groupe de travail I du GIEC constituait un résumé digne d'admiration des activités de recherche dans le domaine des sciences climatiques et qu'aucune modification apportée au texte n'avait eu un effet appréciable sur les conclusions clés du rapport complet.

G.3 Il semble y avoir des milliers de scientifiques qui soutiennent que nos connaissances du changement climatique sont si limitées qu'il est prématuré d'intervenir. Qui sont ces dissidents et sont-ils crédibles?

Réponse : Ces dissidents se trouvent surtout aux États-Unis, bien qu'il y en ait certains au Royaume-Uni, en Allemagne, en Australie et dans d'autres pays. Certains possèdent une solide formation universitaire en matière de changement climatique, mais la plupart ont fait des études en physique nucléaire, en énergie, en océanographie et en sciences de la terre plutôt qu'en sciences de l'atmosphère. Ils soutiennent surtout que l'influence humaine sur le climat n'est pas encore apparente et que les résultats de la modélisation climatique sont exagérés. La plupart d'entre eux s'entendent par ailleurs sur les principes scientifiques sous-jacents aux préoccupations touchant le changement climatique.

Explication : On retrouve plusieurs « déclarations » souvent citées par les sceptiques comme démontrant l'existence d'un nombre important de scientifiques qui ne souscrivent pas aux conclusions du GIEC ni au bien-fondé des préoccupations que soulève le changement climatique. On note, comme exemple, la Déclaration de Leipzig, faite à la suite de deux symposiums de sceptiques tenus en Allemagne en 1995 et 1997, et dans laquelle on affirme, en se fondant sur les connaissances scientifiques disponibles, que les politiques sévères de lutte contre les émissions élaborées dans le contexte de la Conférence de Kyoto — dont le fondement scientifique est douteux — s'avèrent mal venues et prématurées. Jusqu'à maintenant, 80 « scientifiques » et 25 journalistes de télévision spécialistes de la météo ont signé la déclaration. Bon nombre sont des experts du secteur de l'énergie et peu d'entre eux des scientifiques de l'atmosphère qui ont déjà publié des articles sur le changement climatique. Il y a déjà eu d'autres déclarations et pétitions de ce genre. On compte notamment des campagnes sur Internet aux États-Unis dans lesquelles on demandait à des universitaires et à d'autres personnes de signer une pétition demandant au gouvernement américain de ne pas intervenir en matière de changement climatique à cause des incertitudes

scientifiques. Ces pétitions ont permis de recueillir des milliers de signatures, mais celles-ci n'indiquent pas les compétences de leurs auteurs. Peu de signataires, s'il en est, ont des connaissances scientifiques en matière de changement climatique.

L'argumentation de ceux, peu nombreux, qui possèdent une certaine expertise est surtout fondée sur le fait que les changements du climat observés ne correspondent pas parfaitement aux prévisions des modèles. Ils maintiennent donc que l'influence humaine sur le système climatique n'est pas encore démontrée et que les modèles exagèrent les effets de l'activité humaine sur le climat. Et ils sont par ailleurs incapables d'expliquer adéquatement les tendances observées par des facteurs naturels. De façon générale, leurs arguments ne tiennent pas compte du contexte général des sciences connexes et reposent sur une mauvaise interprétation d'informations sélectives.

Un des scientifiques dissidents, Richard Lindzen, a soutenu que les modèles climatiques surestimaient l'effet contraire de la vapeur d'eau. Il a été plus difficile pour les scientifiques de réfuter cet argument, notamment parce que l'effet contraire du nuage de vapeur d'eau est l'un des facteurs les plus complexes à modéliser et demeure l'une des principales causes de l'incertitude des modèles climatiques. La communauté scientifique a cependant permis à Lindzen de participer au processus d'évaluation, tant à titre d'auteur principal pour la troisième évaluation du GIEC qu'à titre de membre du groupe d'experts de la National Academy of Sciences des États-Unis qui conseille le président américain sur les fondements scientifiques du changement climatique. Bien que les études sur l'effet contraire de la vapeur d'eau n'aient pas permis jusqu'à maintenant d'appuyer les hypothèses de Lindzen, certaines demeurent à être réfutées de façon concluante.

G.4 Si notre connaissance du changement climatique comporte autant d'incertitudes, ne devrions-nous pas reporter les réductions des émissions de dioxyde de carbone au moment où nous aurons une meilleure compréhension du système climatique planétaire?

Réponse : La plus grande partie des incertitudes a trait aux particularités des conséquences du changement climatique à l'échelle planétaire. De façon générale, les scientifiques sont d'avis que les préoccupations à l'égard du changement climatique sont justifiées sur le plan scientifique et que les risques sont réels et importants. De tels risques justifient l'application immédiate de mesures préventives.

Explication : Bien que des incertitudes persistent quant à l'ampleur et à la vitesse du changement climatique, surtout à l'échelle régionale, les scientifiques conviennent généralement que la vitesse du changement au cours de la prochaine décennie sera sans doute supérieure à toutes celles notées au cours des 10 000 dernières années. La variation pourrait être aussi importante que celle survenue au moment de la déglaciation, à la fin de la dernière ère glaciaire, mais dix fois plus rapide. En outre, l'important décalage de la réaction du système climatique aux variations du forçage radiatif fait que, lorsque toutes les informations auront été recueillies, il pourra être trop tard pour échapper à un grave danger. Tant les sociétés que le système climatique planétaire présentent une très grande inertie : en ce qui touche la modification du comportement culturel et la restructuration technologique, pour les premières, et la modification du forçage radiatif, pour le second. Par conséquent, toute mesure hâtive s'avère plus prudente et sans doute moins coûteuse et perturbatrice qu'une intervention retardée. Le milieu scientifique a recommandé une démarche de prudence qui permettra, pour le moins, de réduire les risques en ralentissant l'éventuel changement climatique.

G.5 Il semble que le Dr James Hansen, qui s'était dit très préoccupé par les dangers d'un changement climatique, ait modifié ses vues sur l'importance de réduire les émissions de CO_2. Les stratégies de réduction des gaz devraient-elles être axées sur d'autres gaz que le CO_2?

Réponse : Les avis scientifiques exprimés par Hansen et ses collègues ne diffèrent pas de façon notable de l'avis donné par le milieu scientifique international qui a toujours fait état de nombreuses autres causes de changement climatique d'origine humaine, en plus des effets du CO_2. Tant la CCNUCC que le Protocole de Kyoto autorisent les pays à élaborer une stratégie de réduction tenant compte de six gaz à effet de serre bien répartis dans l'atmosphère et faisant appel à la méthode la plus efficace de réduction de leurs effets combinés sur le climat. La réduction des émissions de CO_2 devra quand même demeurer un élément important d'une telle stratégie.

Bien que Hansen et ses collègues soutiennent que les stratégies devraient englober la réduction des concentrations atmosphériques d'ozone et de suies troposphériques, la grande incertitude quant à ces éléments fait qu'il serait prématuré de les inclure au Protocole de Kyoto et, par conséquent, dans les inventaires nationaux des émissions.

Explication : Contrairement à ce qui a été rapporté par certains médias, Hansen et ses collègues du Goddard Institute for Space Studies de la NASA continuent de soutenir que les activités humaines ont été un élément appréciable du changement climatique récent et que les scénarios de statu quo présentent un risque important de changement climatique dangereux. Leur analyse porte sur la façon dont l'humain pourrait le mieux réduire ce risque. Ils estiment que, du total du forçage climatique antérieur donnant lieu à un réchauffement par les gaz à effet de serre bien répartis dans l'atmosphère, 54 % (1,4 W/m^2 environ) s'expliquent par des concentrations accrues de dioxyde de carbone, 27 % par le méthane et les 19 % restants par d'autres gaz. Pour comparaison, la dernière version du troisième rapport d'évaluation du GIEC faisait état que le CO_2 était à l'origine de 60 % du forçage jusqu'à maintenant, le méthane de 20 % et les autres gaz des 20 % restants. Par conséquent, bien que les chiffres diffèrent quelque peu, les deux rapports conviennent que le dioxyde de carbone est le composant le plus important des gaz à effet de serre bien répartis dans l'atmosphère.

Hansen et ses collègues signalent aussi que l'augmentation des particules de suie et de l'ozone troposphérique favorise ce réchauffement, estimé à 0,3 W/m^2 dans le cas de l'ozone. Par ailleurs, d'autres aérosols sont la cause d'un refroidissement de l'ordre de –1,4 W/m^2 (valeur fort incertaine). Ces aérosols étant surtout des sous-produits des combustibles fossiles, ils émettent l'hypothèse que l'effet net premier de la combustion de ces produits sur le forçage radiatif planétaire (dioxyde de carbone – aérosols des carburants fossiles) est de beaucoup inférieur à 1,4 W/m^2 et que l'influence humaine historique nette sur le climat peut donc être en grande partie liée au forçage par des gaz n'ayant pas pour origine la combustion de carburants fossiles, comme le méthane, les CFC, l'oxyde nitreux et l'ozone troposphérique.

En remplacement d'une stratégie de réduction axée surtout sur celle du CO_2 (et donc l'utilisation des combustibles fossiles), Hansen propose une stratégie détaillée pour les 50 prochaines années qui vise à la fois une réduction appréciable de l'apport des gaz autres que le CO_2 et une réduction moins importante des émissions de CO_2 de par des mesures d'efficacité énergétique et l'utilisation de carburants de remplacement. Il reconnait cependant que les émissions d'aérosols ne peuvent continuer de s'accroitre avec celles du CO_2, mais pour d'autres raisons environnementales, et que le forçage net positif par les combustibles fossiles prendra de l'ampleur avec le temps. Par conséquent, après cette période de 50 ans, les stratégies devront être axées sur des technologies de remplacement des combustibles fossiles.

G.6 Est-il trop tard pour freiner le changement climatique?

Réponse : Les scientifiques sont d'avis que la tendance actuelle au réchauffement ne peut être ni stoppée ni inversée, mais qu'elle peut être ralentie afin de permettre aux systèmes biologiques et aux sociétés humaines de disposer de plus de temps pour s'adapter.

Explication : La poursuite du changement climatique est déjà inévitable, cela pour deux raisons. Tout d'abord, le système climatique présente beaucoup d'inertie (surtout à cause de la réaction lente des océans) et les températures n'ont donc que partiellement réagi aux concentrations accrues de gaz à effet de serre déjà présents dans l'atmosphère. Même si toutes les émissions cessaient dès maintenant, un réchauffement résiduel continuerait de se produire pendant plusieurs décennies avant que le climat ne se stabilise de nouveau. Deuxièmement, bien que les émissions de gaz à effet de serre doivent être ralenties à l'échelle planétaire, il faudra un certain temps à l'économie mondiale, fondée sur les combustibles fossiles, pour s'adapter à d'autres sources d'énergie. Il est donc inévitable que les émissions et, par conséquent, le réchauffement se poursuivent, mais des mesures de réduction permettront de ralentir et, ultérieurement, de contrer cette augmentation.

Références

T.M. Gerlach, 1991. *Present-day CO_2 emissions from volcanoes.* EOS 72:249, 254-256.

GIEC, 2001: *Climate Change 2001: Synthesis Report. A contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* [Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, R.-U. 398 pages.

GIEC, 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, R.-U. 881 pages.

GIEC, 2001: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* [McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White (eds.)] Cambridge University Press, Cambridge, R.-U. 1 032 pages.

McCulloch et al. 2001. *Coastal Impacts of climate change and sea level rise on Prince Edward Island.* Projet A041 du FACC. Ressources naturelles Canada.

Peterson,T.C., K.P. Gallo, J. Livermore et al. 1999. *Global rural temperature trends.* Geoph. Res. Lett. 26:329-332.

Direction de l'évaluation et de l'intégration scientifique
Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques
Service météorologique du Canada
4905, rue Dufferin
Downsview (Ontario)
M3H 5T4